tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 45 - nr. 4 - 1980

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, Leidschendam. Gironummer 94746 t.n.v.
Penningmeester NERG, Leidschendam.

nederlands elektronica- en radiogenootschap

HET GENOOTSCHAP

Het Genootschap stelt zich ten doel in Nederland en de Overzeese Rijksdelen de wetenschappelijke ontwikkeling en de toepassing van de elektronica en de radio in de ruimste zin te bevorderen.

Lidmaatschap

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat -behoudens ballotage- open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt fl. 55,--.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt f 55,--. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

DE EXAMENS

De door het Genootschap ingestelde examens worden afgenomen in samenwerking met de "Vereniging tot bevordering van Elektrotechnisch Vakonderwijs in Nederland (V.E.V.)". Het betreft de examens:

a. op lager technisch niveau: "Elektronica monteur N.E.R.G.";
b. op middelbaar technisch niveau: "Middelbaar Elektronica technicus N.E.R.G.".

Voor deelname, inlichtingen omtrent exameneisen, reglement, en uitgewerkte opgaven wende men zich tot het Centraal Bureau van de V.E.V., Barneveldseweg 39, 3862 PB Nijkerk; tel. 03494 - 4844.

DIGITALE AUDIO: VRAGEN EN VOORUITZICHTEN

Ir. L.D.J. Eggermont and Dr. P.J. Berkhout
Philips Research Laboratories
Eindhoven, The Netherlands

An overview is presented of problems and prospects related to the introduction of digital audio. A discussion is given of the digitization of audiosignals and the resulting implementation problems. Subsequently the concept of an Integrated Digital-Audio System is introduced. Its importance is emphasized by the many possibilities of digital signal processing. The design and implementation of signal processing algorithms is shown to require subjective evaluation, computer simulation and (V)LSI technology.

1. Inleiding

Digitale audio noemen we de discipline die zich in het audiogebied bezig houdt met signalen en systemen waarbij digitale technieken worden toegepast. Het is een recente ontwikkeling gemotiveerd door kwaliteitsverhoging en technologische mogelijkheden. Deze kwaliteitsverhoging uit zich als een vergroting van de bandbreedte tot 20 kHz en een uitbreiding van het dynamisch bereik tot minstens 90 dB, terwijl ook de signaal/ruis-verhouding aanzienlijk hoger kan zijn dan in de huidige audio-apparatuur. Het gevolg hiervan is dat zeer snelle dynamiek-variaties behouden blijven wat de natuurlijkheid van de weergave zeer ten goede komt. In vergelijking met het gebruik van de beste analoge opslagmedia is een duidelijke kwaliteitsverbetering te constateren.

In dit artikel geven we een overzicht van de problemen die samenhangen met digitale audio en bespreken mogelijke consequenties voor de opbouw van audioapparatuur. Een deel van de problematiek komt voort uit de hoge eisen qua bandbreedte, dynamiek en signaal/ruis-verhouding. Een ander deel betreft de vele aspecten van digitale-audio systemen die verbonden zijn met het toepassen van (V)LSI-technologieen en met de mogelijkheden die digitale signaalbewerkingen kunnen bieden.

We behandelen achtereenvolgens waarom digitalisering van audiosignalen aantrekkelijk is, hoe deze uitgevoerd wordt en welke eigenschappen kenmerkend zijn voor dit proces. Hierna laten we zien hoe de toepassing van digitalisering in audioapparatuur leidt tot het concept van een geintegreerd digitale-audio systeem. Het grote belang hierin van digitale signaalbewerkingen geeft vervolgens aanleiding tot het behandelen van een aantal mogelijkheden voor digitale signaalbewerkingen. In het kort wordt besproken hoe deze signaalbewerkingen met behulp van een computer zijn te ontwerpen, waarbij het belang van subjectieve beoordeling naar voren wordt gebracht. Tenslotte wordt samengevat onder welke voorwaarden digitale-audio systemen mogelijk zijn en tot welke ontwikkelingen ze aanleiding kunnen geven.

2. Digitalisering van audiosignalen

Een digitaal audiosignaal is de discrete-tijd, discrete-amplitude representatie van het oorspronkelijke akoestische audiosignaal. Een dergelijke digitale representatie kan in binair gecodeerde vorm beter foutenvrij worden opgeslagen en uitgelezen dan een analoge representatie. Bovendien is het door de technologische vooruitgang op het gebied van de analoge elektronica mogelijk geworden signalen over een groot dynamisch bereik te digitaliseren.

Onder het dynamisch bereik van een signaal verstaan we de verhouding tussen het maximale vermogen van dit signaal en het minimale vermogen ervan dat nog onderscheiden kan worden van het aanwezige stoorvermogen. In verband met meettechnische mogelijkheden zal in de praktijk voor analoge signalen dit minimaal onderscheidbare vermogen dikwijls worden vervangen door het vermogen van de aanwezige stoorsignalen. Verondersteld wordt dat signaal- en stoorvermogen beide in dezelfde frequentieband gemeten worden. Het dynamisch bereik van een digitaal signaal wordt bepaald door het aantal niveaus dat voor de discrete-amplitude representatie van het signaal gebruikt wordt. Zie formule (1).

Door digitalisering wordt het tegenwoordig mogelijk het audiosignaal over het volledige dynamisch bereik vast te leggen. Uit figuur 1 blijkt dat dit voor muzieksignalen in de studio moet gebeuren. Een voordeel van digitale technieken is dat bij daaropvolgende opslag, transmissie, copieren en reproduceren geen kwaliteitsverlies hoeft op te treden. Een derde belangrijke reden om over te gaan op digitalisering ligt in de geschiktheid voor massaproductie van de opslagmedia (optische disc) en de elektrische schakelingen voor de bewerking van digitale signalen. Een aantal overige algemene eigenschappen van digitale schakelingen en systemen zijn samengevat in tabel 1.

Het digitaliseren van een signaal betekent dat het signaal zowel discreet in tijd als discreet in amplitude wordt gemaakt. Discretiseren in tijd gebeurt door

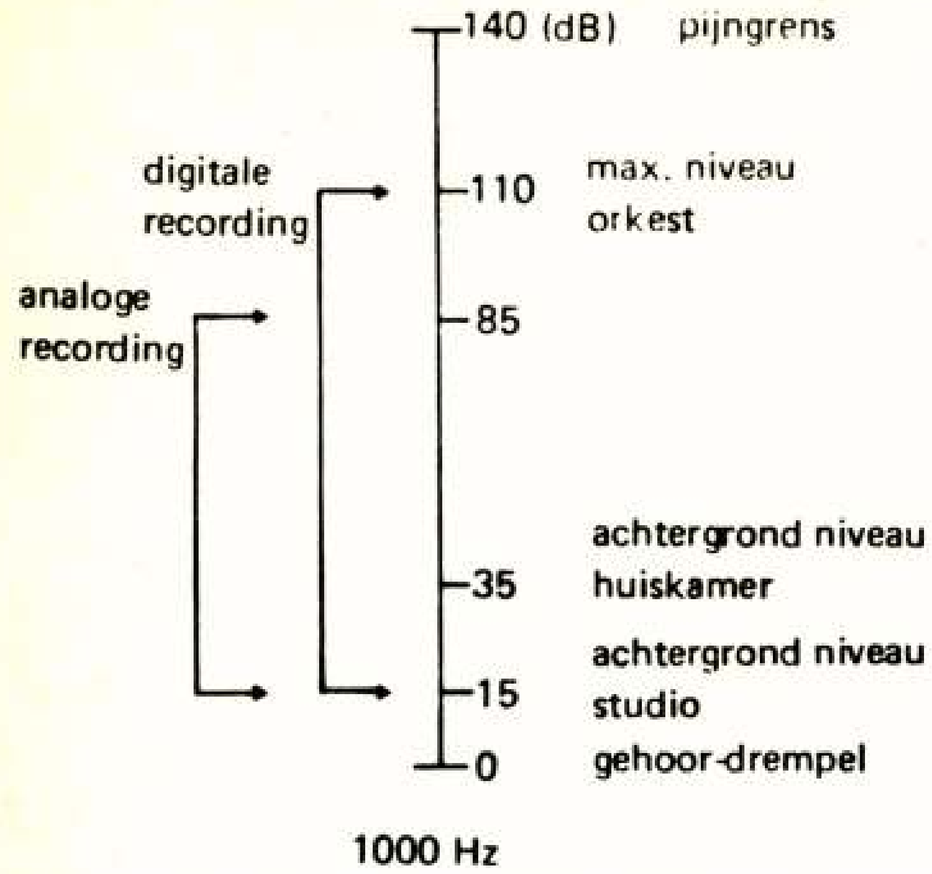


Fig. 1: Dynamisch bereik bij analoge en digitale recording.

periodiek monsters van het signaal te nemen. Dit heeft als consequentie dat alleen in frequentiebereik begrensde signalen gereconstrueerd kunnen worden zonder signaalvervorming. De getrouwheid waarmee het continue-tijd signaal wordt omgezet in het discrete-tijd signaal wordt verder bepaald door de nauwkeurigheid waarmee de monstertijdstippen zijn vastgelegd.

Het discreet maken in amplitude gebeurt door de waarde te meten van de genomen monsters en de gevonden waarde af te ronden op een veelvoud van een gekozen discretisatie- of quantisatie-eenheid. De consequentie van de grootte van de quantisatie-eenheid is dat een beperking wordt aangebracht voor wat betreft de nauwkeurigheid waarmee de waarde van het monster gereconstrueerd kan worden. De getrouwheid waarmee het continue-amplitude signaal wordt omgezet in het discrete-amplitude signaal wordt verder bepaald door de nauwkeurigheid waarmee de veelvouden van de quantisatie-eenheid, de zg. quantisatie-niveaus, worden vastgelegd.

De quantisatie-karakteristiek, zoals getoond in figuur 2, is een voorstelling van dit proces. Het geeft aan welk bereik van het ingangssignaal ter grootte q wordt toegekend aan elk quantisatie-niveau. Het

voordelen:	nauwkeurige realisatie
	afregelen overbodig
	geen veroudering
	niet temperatuurafhankelijk
	hoge betrouwbaarheid
	programmeerbaarheid
	flexibiliteit
	monolitische integreerbaarheid
nadelen:	bandbreedte
	dissipatie

TABEL 1: Eigenschappen van digitale schakelingen en systemen.

aantal quantisatie-niveaus N wordt meestal gelijk gekozen aan een macht van 2 in verband met de wenselijkheid van het volledig benutten van een binaire representatie in B bits per signaalmonster ($N=2^B$). Merk op dat in figuur 2 alle positieve signaalwaarden die groter zijn dan een bepaalde waarde door hetzelfde quantisatie-niveau worden voorgesteld. Ook voor negatieve signaalwaarden geldt een dergelijke begrenzing. De vervorming door deze niet-lineaire operaties noemen we quantisatie-vervorming. Deze bestaat uit twee componenten, te weten afrondingsvervorming en begrenzings vervorming.

Het is aangetoond [1] dat bij een stapgrootte q die uniform is over het gehele bereik, het vermogen van de afrondingsvervorming meestal gelijk gesteld kan worden aan $q^2/12$. Hierdoor ontstaat een praktische ondergrens aan het vermogen van te quantiseren signalen. De bovengrens van het vermogen van te quantiseren signalen wordt gegeven door de mate van begrenzingsvervorming die wordt toegestaan. De verhouding van de beide vermogens is het dynamisch bereik van de quantiseerder.

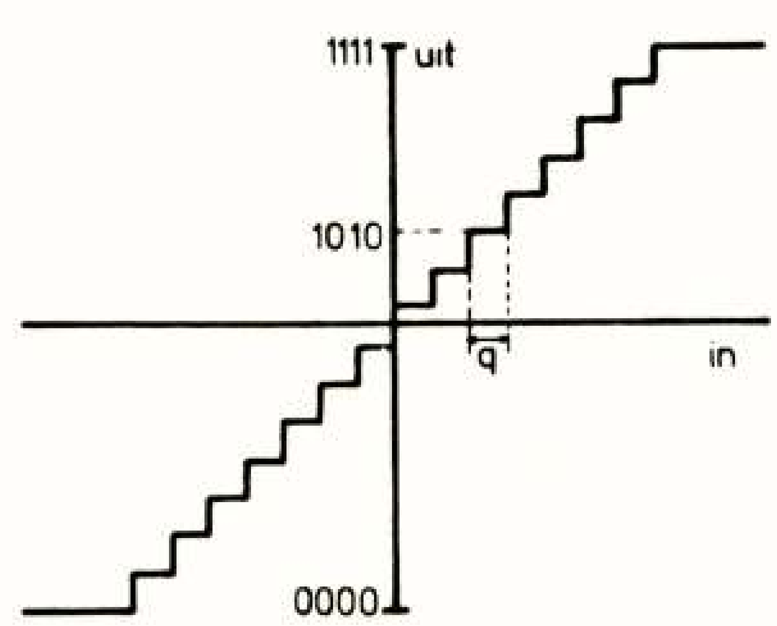


Fig. 2: Quantisatie-karakteristiek voor uniforme quantisatie met N=4.

Bij het sinusvormig ingangssignaal van de quantiseerder waarbij nog juist geen begrenzingsvervorming optreedt, volgt voor het dynamisch bereik DR:

$$DR = 20\cdot\log N + 1{,}76 \quad (dB)$$
$$\approx 6\cdot B + 1{,}76 \quad (dB) \qquad (1)$$

De verhouding van het signaalvermogen en het vermogen van de quantisatie-vervorming noemen we de signaal/quantisatie-vervormingsverhouding (SQDR).

Figuur 3a toont voor de karakteristiek van figuur 2 de SQDR als functie van het niveau van een sinusvormig ingangssignaal. De onderste kromme geldt voor een representatie met 12 bits per signaalmonster en de bovenste voor een 16 bits representatie. Als referentieniveau (0 dB) voor het sinusvormig ingangssignaal is het vermogen gekozen waarbij nog juist geen begrenzingsvervorming optreedt. De maximale waarde van de SQDR is gelijk aan het dynamisch bereik zoals dit gegeven wordt in vergelijking (1). Naar lagere uitsturingen neemt de SQDR af met gemiddeld 6 dB per 6 dB vermin-

dering van het ingangsniveau. Dit is het geval in het gebied waar alleen de afrondings-vervorming een rol speelt. We zien dat de SQDR veel sterker afhangt van de begrenzingsvervorming dan van de afrondings-vervorming. Het zal duidelijk zijn dat de keuze van het uitsturings-punt zodanig moet zijn dat de SQDR voornamelijk door de afrondings-vervorming wordt bepaald.

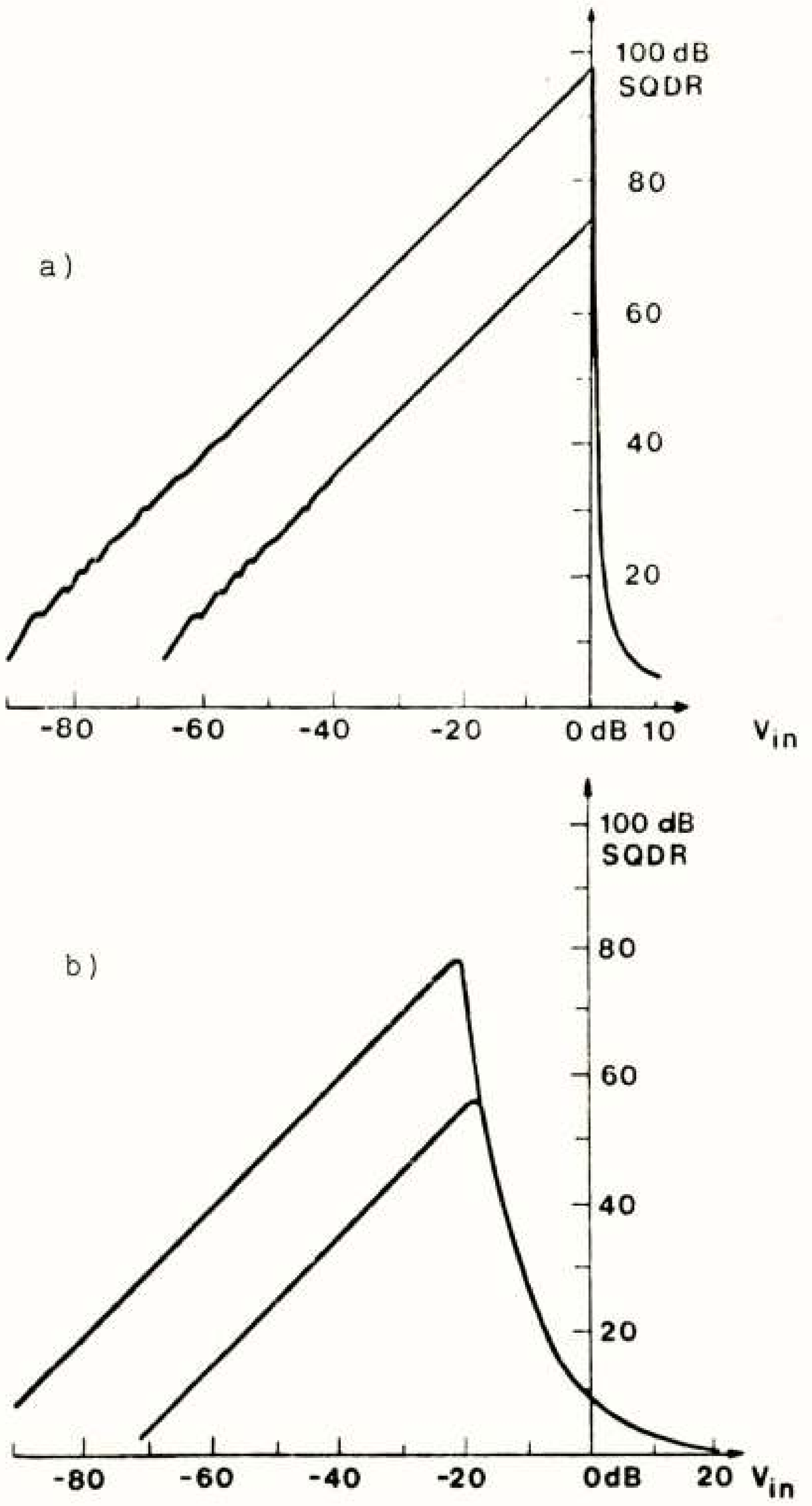


Fig. 3: a) signaal/quantisatie-vervormingsverhouding (SQDR) als functie van het niveau van een sinusvormig ingangssignaal.
b) SQDR voor signalen met een amplitudeverdeling volgens de Laplace-distributiefunctie.

Figuur 3b geeft een voorbeeld van de SQDR voor niet-sinusvormige signalen met een amplitude-verdeling volgens de Laplace-distributiefunctie, eveneens gequantiseerd met 16 en 12 bits per signaalmonster en op dezelfde schaal uitgezet. Omdat in dit geval ook bij lage waarden van de uitsturing begrenzingsvervorming kan optreden, wordt de maximale waarde van de SQDR bereikt vóór het gekozen 0 dB punt.

Deze figuren geven een bovengrens aan voor de bereikbare SQDR. In de praktijk zullen afwijkingen van de ideale digitalisering, zoals hierboven beschreven, optreden die afhankelijk zijn van de gebruikte schakelingen [2].

Welke problemen treden nu op bij de implementatie van A/D- en D/A-omzetting? We bespreken deze problematiek aan de hand van figuur 4 waarin de functies zijn aangegeven die hierbij vervuld moeten worden. Bij A/D-omzetting zijn dit achtereenvolgens: frequentiebandbegrenzing van het ingangssignaal, het periodiek bemonsteren, quantiseren en coderen. Onder coderen verstaan we het toekennen van een binair codewoord aan elk quantisatie-niveau. Het zo goed mogelijk terugwinnen van het oorspronkelijke signaal gebeurt door D/A-omzetting te laten volgen door een reconstructiefilter. Eventueel wordt daartussen nog een bemonster-en-houdschakeling opgenomen.

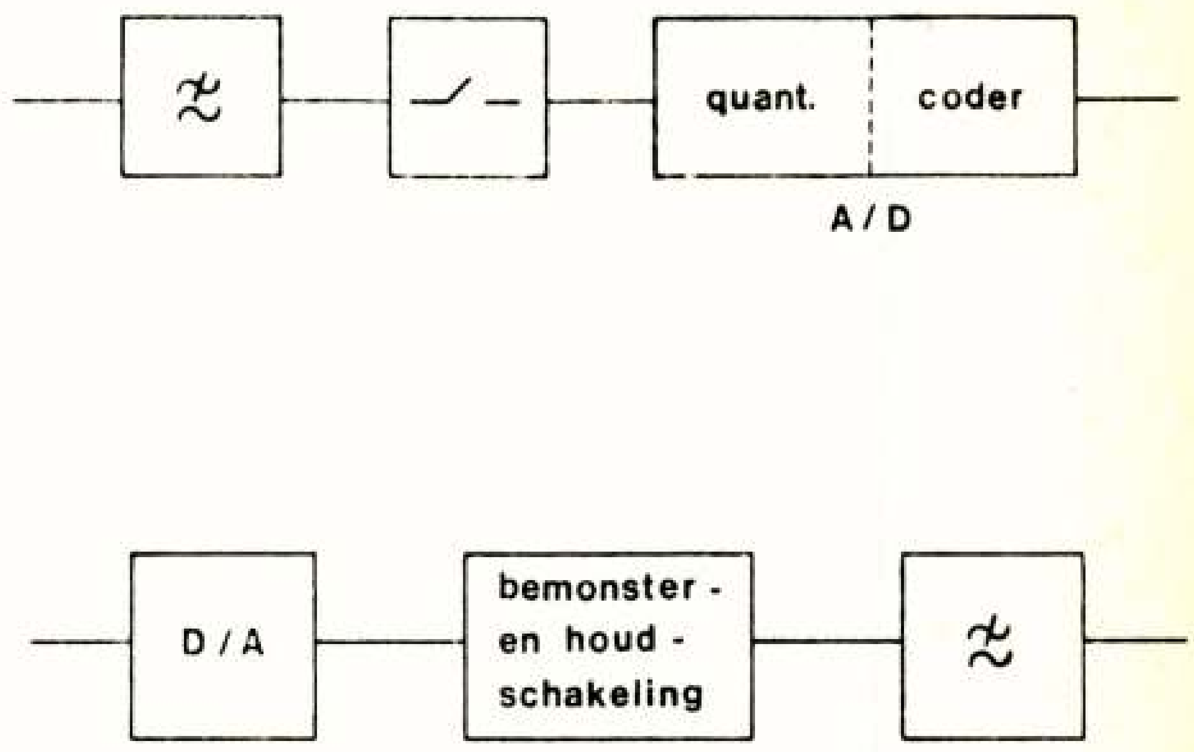


Fig. 4: Functies bij A/D- en D/A-omzetting.

Om vouwvervorming [3] te voorkomen dient het laagdoorlaatfilter aan de ingang een voldoend hoge sperdemping te hebben. Voor digitalisering met 16 bits/monster volgt hieruit een minimum eis van 100 dB. Bij realisatie met passieve LC filters leidt dit tot problemen met de lineariteit van de overdracht. Welke eisen gesteld moeten worden aan de rimpel in de band en welke fase-verloop toelaatbaar is, dient nog vastgesteld te worden door middel van subjectieve testen.

Van de bemonsterschakeling wordt geeist dat de monstertijdstippen equidistant zijn. Bij een bandbreedte van 20 kHz en 16 bits/monster mag hiervan niet meer dan 0,12 nsec worden afgeweken [3]. Bij een bemonsterfrequentie van 50 kHz volgt hieruit dat de relatieve nauwkeurigheid 0,0006% moet bedragen. Voor 16 bits/monster vormt de lineairiteit van de schakeling een probleem.

Van de quantisatieschakeling wordt geeist dat de quantisatie-niveaus equidistant en monotoon stijgend zijn. De toegestane afwijking in elk quantisatie-niveau mag niet meer bedragen dan een halve quantisatiestapgrootte. Bij een maximaal spanningsbereik van 20 V aan de ingang en 16 bits codering betekent dit dat de

som van alle analoge fouten niet meer mag bedragen dan 150 microVolt.

De D/A-omzetter moet aan dezelfde eisen qua equidistantie en monotoniciteit voldoen als de quantisator. Als ook hier als maximale fout in een quantisatie-niveau een halve quantisatie-stapgrootte optreedt dan kan de cascade-schakeling van zo'n A/D en D/A resulteren in een 3 dB lagere SQDR dan uit figuur 3 zou volgen. Een ernstig probleem vormen de schakelverschijnselen die veroorzaakt worden door het veranderen van het aangeboden codewoord omdat zij schakelpieken ('glitches')in het uitgangssignaal veroorzaken. Een bemonster-en-houdschakeling kan worden toegevoegd om deze glitches te onderdrukken.

Het laagdoorlaatfilter aan de uitgang zorgt ervoor dat de spectrumherhalingen tengevolge van het bemonsteren geen aanleiding geven tot het oversturen van de daaropvolgende elektronische schakelingen. De overgangen in het uitgangssignaal van de D/A kunnen hellingsbegrenzingseffecten veroorzaken in de bemonster-en-houdschakeling en/of het laagdoorlaatfilter.

Bij de praktische realisatie van deze A/D- en D/A-omzetters van zeer hoge kwaliteit wordt gezocht naar alternatieve structuren die minder hoge eisen stellen aan de benodigde analoge precisie [3,4]. Deze alternatieven zijn voornamelijk gebaseerd op overbemonstering waardoor meestal de analoge filtereisen verlicht kunnen worden, terwijl dan ook met minder quantisatie-niveaus volstaan kan worden. Dit leidt wel tot de toevoeging van complexe digitale signaalbewerkingen, maar deze lenen zich zeer goed voor monolitische integratie.

3. Digitale-audio systemen

Digitalisering is slechts één van de functies die in een digitale-audio systeem vervuld moeten worden. In figuur 5 wordt een globaal overzicht van te vervullen functies gegeven. We zien hieruit dat een digitale-audio systeem gekenmerkt wordt door de opslag

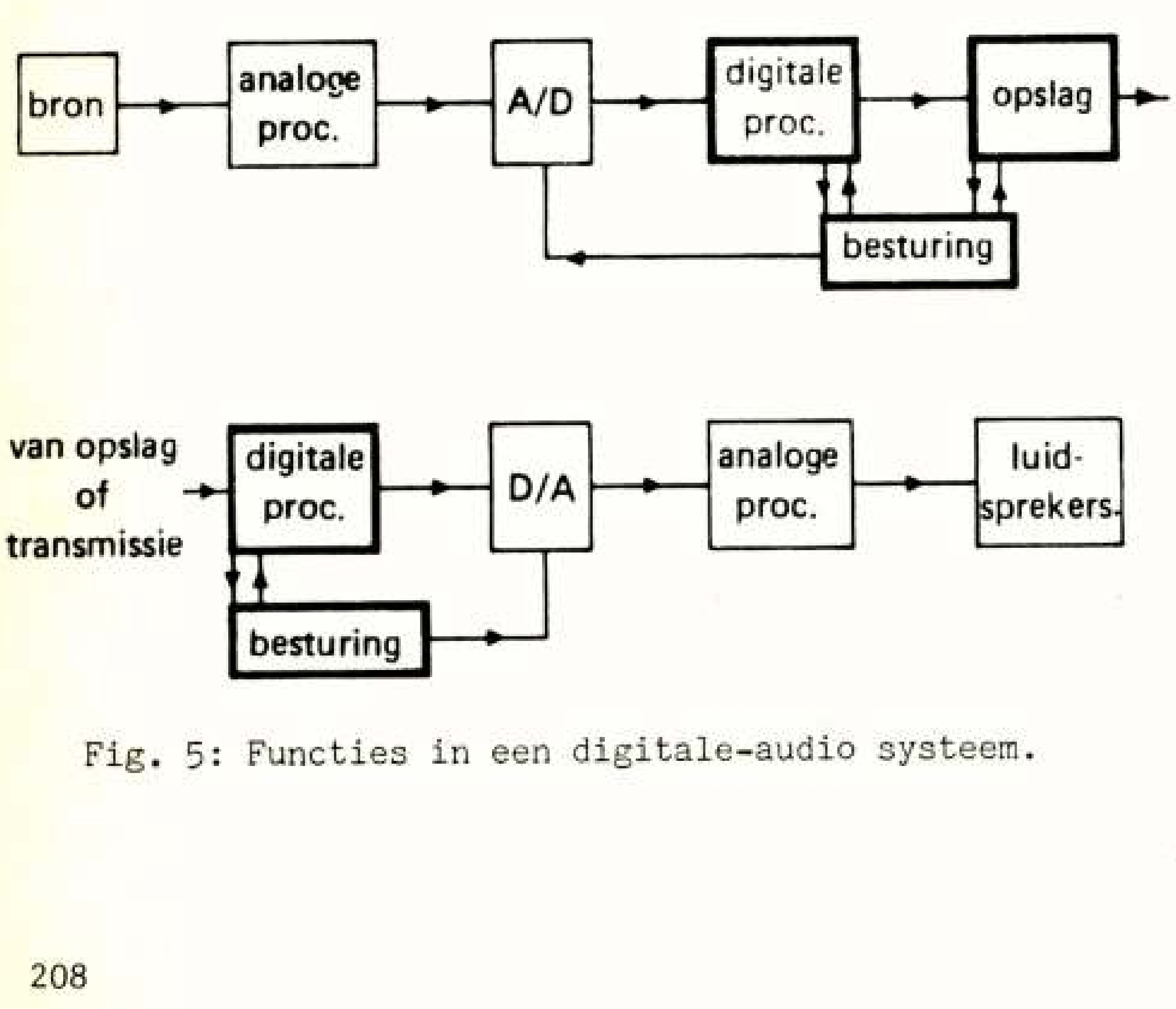


Fig. 5: Functies in een digitale-audio systeem.

van digitale signalen, digitale signaalbewerkingen en de digitale besturing van deze beide.

We zullen nu ieder van deze punten bespreken.

Bij bemonstering met 50 kHz en 16 bits/monster is voor een stereo-muzieksignaal 1 Gigabit per 10 minuten nodig aan opslagcapaciteit. Dit is nog afgezien van de redundantie die toegevoegd moet worden om fouten van het opslagmedium ongedaan te maken. Technologische ontwikkelingen van de laatste jaren hebben het mogelijk gemaakt om deze "Giga"ntische hoeveelheid bits op te slaan met magnetische of optische registratie. Door de grote bandbreedte van digitale audio-signalen (≥400 kHz/kanaal) komen voor opslag op magneetband helical-scan en meer-sporen recorders in aanmerking. Bij optische registratie wordt daarvoor gebruik gemaakt van een snel ronddraaiende schijf die beschreven en uitgelezen wordt met een laser [5]. Er wordt ook gewerkt aan mechanische en capacitieve registratie op schijf [6].

In figuur 5 zien we dat er naast de opslag van digitale audiosignalen ook signalen worden uitgewisseld tussen besturing en bewerking en tussen besturing en opslag. De digitale signalen die kunnen dienen voor het beheersen en melden van de toestand waarin het systeem zich bevindt, duiden we aan met besturings- en signaleringssignalen. Eén van de besturingssignalen dat altijd aanwezig moet zijn in digitale-audio systemen is het kloksignaal waarvan de bemonsterperiode wordt afgeleid. Andere digitale besturingssignalen kunnen met de digitale audiosignalen worden gemultiplext. Omdat dit eenvoudig en goedkoop gerealiseerd kan worden ontstaan vele nieuwe systeemmogelijkheden.

Bovendien kunnen ook nog van digitale audiosignalen afgeleide signalen voorkomen. Een voorbeeld van zo'n afgeleid signaal is de verandering van het vermogen van het digitale audiosignaal. Dit kan gebruikt worden als parameter van een signaalafhankelijke regeling. Nog een categorie van digitale signalen wordt gevormd door digitaal gegenereerde signalen. We denken hierbij aan de synthese van muziek met behulp van digitale elektronische schakelingen of aan computermuziek [7].

De in figuur 5 aangegeven signaalbewerkingen kunnen in een aantal groepen worden ingedeeld. Een eerste groep bevat bewerkingen die samenhangen met het functioneren als systeem. Hiertoe behoren het multiplexen van audiosignalen (stereo), eventueel gecombineerd met besturingsinformatie (repertoire, instellingen (volume, toon), display-tekst, zelf-identificatie, etc.). Verder hoort hierbij de verwerking van besturings- en signaleringsinformatie. Ook de bewerkingen die nodig zijn bij het met elkaar verbinden van verschillende systemen maken deel uit van deze groep (conversie van bemonsteringsfrequentie).

In een tweede groep kunnen de signaalbewerkingen worden ondergebracht die te maken hebben met de aan-

passing van de digitale audiosignalen aan de eigenschappen van het opslag- of transmissie-medium. Met modulatie /demodulatie wordt de ligging van het frequentiespectrum van het digitale audiosignaal aangepast aan de frequentiekarakteristiek van het medium. Door het toevoegen van redundantie bij de codering wordt geprobeerd de invloed van de foutenstatistiek van het medium op het signaal ongedaan te maken. Hierbij overblijvende fouten worden bij het afspelen met foutmaskeringstechnieken onhoorbaar gemaakt. Als niet voldoende opslag- of transmissiecapaciteit beschikbaar is, kan data reductie noodzakelijk zijn.

De derde groep bevat signaalbewerkingen die tot doel hebben eigenschappen van de audiosignalen zelf te veranderen. Wijzigingen in de frequentie-inhoud ervan komen steeds neer op bewerkingen met een filterkarakter. Hierbij kunnen we denken aan digitale toon-, presence-, loudness- of contourregelingen. Ook bewerkingen die een modificatie van de ruimtelijke gewaarwording van audiosignalen nastreven zijn meestal van deze soort. Zulke bewerkingen kunnen gewenst zijn om ongunstige kamereigenschappen (resonanties) te compenseren . Deze bewerking kan worden uitgevoerd met een al dan niet adaptieve egalisator. Een ander voorbeeld van dit soort bewerkingen is het toevoegen van echo of zelfs nagalm. Hiermee kunnen de akoestische eigenschappen van andere ruimtes in de huiskamer worden geïmiteerd. In deze groep horen verder nog bewerkingen thuis die te maken hebben met opnemen en editen van digitale audiosignalen. Voorbeelden hiervan zijn fading, mixing en technieken voor ruisonderdrukking. Het is vooral het grote aantal en de diversiteit van de bovengenoemde signaalbewerkingen die kan leiden tot de introductie van verschillende bewerkingsmodules.

Waar leidt dit alles toe als de huidige opbouw van audioapparatuur in analoge techniek wordt doorgetrokken naar die in digitale techniek?

Als ook in digitale-audio systemen doorverbindingen tussen de verschillende modules (speler,recorder, telecommunicatie-terminal, tuner, bewerkingsmodules, voorversterker en eindversterker) plaats vinden op basis van analoge signalen dan volgt hieruit een aantal nadelen. In de eerste plaats betekent dit per module A/D- en D/A-omzetting, ingangs- en uitgangsfiltering, besturing en voeding. Vooral voor hoge kwaliteit digitale audio zal dit belangrijke prijsconsequenties hebben. Door op deze wijze cascadeschakelingen op te bouwen treedt er kwaliteitsverlies op omdat telkens quantisatievervormingsvermogen wordt toegevoegd. Bovendien heeft het meerdere malen afronden hierbij een ongunstig effect op de kwaliteit van het digitale audiosignaal. Een ander nadeel is dat de hoeveelheid kabels en pluggen toeneemt evenredig met $N(N-1)/2$ waarin N het aantal modules is. Zoals we hierboven hebben laten zien, kan door de mogelijkheden van digitale signaalbewerkingen het aantal modules belangrijk toenemen. Tenslotte wordt het door een dergelijke opzet moeilijker gemaakt om tot standaardisatie van digitale systeemparameters te geraken.

Hoe moeten we nu een digitale-audio systeem opzetten om deze nadelen te vermijden terwijl compatibiliteit met analoge en uitbreidbaarheid met toekomstige digitale apparatuur gewaarborgd kan worden?

Een hierarchie van mogelijke digitale-audio systemen kan worden opgebouwd door steeds meer verschillende signalen toe te laten in een systeem. Zo'n hierarchie loopt dan van systemen van eenvoudige aard, waarin alleen opgeslagen digitale audiosignalen en elementaire besturingssignalen (klok) voorkomen, tot aan de meest complexe systemen, waarin alle in de derde en vierde alinea van dit hoofdstuk genoemde signalen kunnen voorkomen. Voor elk van deze signalen bestaat er behoefte aan signaalbewerkingen, opslagmogelijkheden of interfacing met de buitenwereld. We kunnen komen tot een modulair uitbreidbaar systeem door deze functies te scheiden en afzonderlijk te realiseren. Hierna kan elk gewenst systeem in de hierarchie worden verkregen door een integratie van de gewenste functies. Dergelijke systemen noemen we geintegreerde digitale-audio systemen.

In figuur 6 laten we zien hoe een geintegreerd digitale-audio systeem er uit ziet. De centrale rol van het verbindingsnetwerk (switch), dat dient om de verschillende functies met elkaar te verbinden, komt hierin duidelijk naar voren. Er wordt verondersteld dat alle informatie-uitwisseling via de switch plaats vindt op basis van digitale signalen. Het moet mogelijk zijn om hiermee elke gewenste cascadeschakeling van functies op te bouwen. Daarvoor het is vereist dat voor elk type signaal het juiste verbindingspad kan worden vastgelegd. Door het gebruik van een grotere woordlengte (dan van de D/A) treedt minder

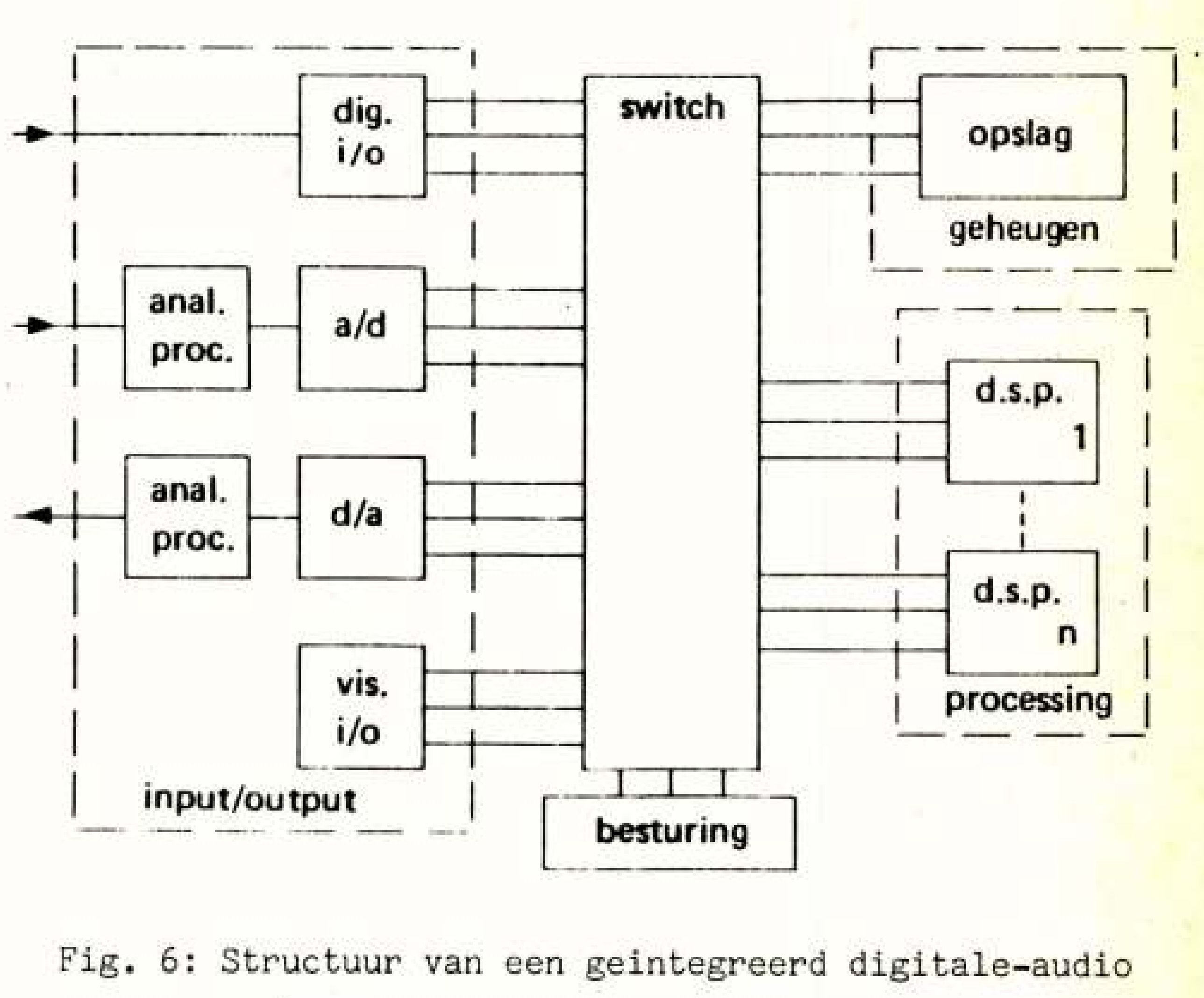


Fig. 6: Structuur van een geintegreerd digitale-audio systeem.

kwaliteitsverlies op bij cascadeschakelingen. Het maken en verbreken van de verbindingen wordt beheerst door de besturing van de switch die programmeerbaar is. Het besturingsprogramma kan worden opgebouwd met informatie die ontleend wordt aan opgeslagen besturingssignalen, aan externe bedieningsorganen of zelfs aan spraakinput. De transmissiecapaciteit van de verbindingspaden voor besturings-en signaleringsinformatie zal meer dan een orde van grootte kleiner zijn dan die voor digitale audiosignalen. Als gevolg van de vereiste hoge transmissiesnelheid voor de audiosignalen (0,8 Mbit/sec/kanaal) zal als verbindingsnetwerk een synchroon schakelnetwerk de voorkeur verdienen boven een busstructuur. Deze voorkeur wordt versterkt door het grote aantal verbindingen dat gedurende elke bemonsteringsperiode gemaakt moet worden.

De overige functies die in een geintegreerd digitale-audio systeem vervuld moeten worden zijn opslag en bewerking van digitale signalen. Opslag kan worden onderscheiden in massa-opslag en opslag ten behoeve van signaalbewerkingen. Voor de massa-opslag van digitale audiosignalen kan gebruik worden gemaakt van magnetische en optische registratie zoals we reeds eerder hebben gezien. Beide vormen van registratie kunnen tegelijk in het geintegreerd digitale-audio systeem aanwezig zijn om dienst te doen als massa-opslag. In figuur 6 is verondersteld dat alle informatie-uitwisseling met de massa-opslag plaats vindt met behulp van digitale signalen. Dit betekent dat in de opslag alle hiervoor benodigde schakelingen aanwezig moeten zijn. Daartoe behoren onder andere modulatie/demodulatie, egalisatie, klokregeneratie, synchronisatie, multiplexing/demultiplexing en foutendetectie en -correctie. De opslag ten behoeve van signaalbewerkingen wordt verondersteld bij de bewerking zelf ondergebracht te zijn.

Alle signaalbewerkingen die een verandering van signaaleigenschappen tot doel hebben, zijn ondergebracht in het blok bewerkingen. Digitale signaalbewerkingen stellen hoge eisen aan bewerkingssnelheid en geheugencapaciteit. Daarom zijn speciale schakelingen vereist om real-time toepassing mogelijk te maken. In het volgende hoofdstuk lichten we dit toe aan een paar voorbeelden.

De interfacing met de buitenwereld vindt plaats via het blok input/output. Dit betreft zowel analoge als digitale audiosignalen en signalen die met de bediening van het geintegreerd digitale-audio systeem te maken hebben. Voor de verbinding met de analoge buitenwereld moeten signalen gedigitaliseerd resp. geanalogiseerd worden (zie hoofdstuk 2). De hier aangegeven analoge bewerkingen bevatten, behalve de in hoofdstuk 2 genoemde schakelingen, ook voor- en eindversterking voor het gewenste aantal kanalen. Bij de digitale input/output denken wij in de eerste plaats aan een verbindingsmogelijkheid met andere digitale-audio systemen. Daarnaast opent dit de mogelijkheid om het systeem aan te sluiten aan een digitale telecommunicatieterminal of andere intelligente apparatuur (bv. home-computer). Een derde groep input/output functies hangt samen met de bediening van het systeem.

In dit hoofdstuk hebben we laten zien dat functionele decompositie van digitale-audio systemen leidt tot de introductie van een geintegreerd digitale-audio systeem. Dit wordt gekenmerkt door een grotere flexibiliteit van de structuur ten gevolge van de modulaire opbouw en de uitgebreide interconnectiemogelijkheden. Hierdoor wordt ook het meervoudig gebruik van dezelfde functies in verschillende configuraties mogelijk.

4. Het ontwerpen van digitale signaalbewerkingen.

In dit hoofdstuk laten we aan de hand van enige voorbeelden van digitale signaalbewerkingen [8] zien wat vereist wordt voor hun implementatie. We bespreken hiertoe achtereenvolgens echo, toonregeling en nagalm. Vervolgens wordt aangetoond dat een van de problemen bij het ontwerpen van digitale signaalbewerkingen veroorzaakt wordt door het ontbreken van objectieve beoordelingsmethoden. Tenslotte geven we aan welke overwegingen hebben geresulteerd in het simuleren van digitale signaalbewerkingen met de computer.

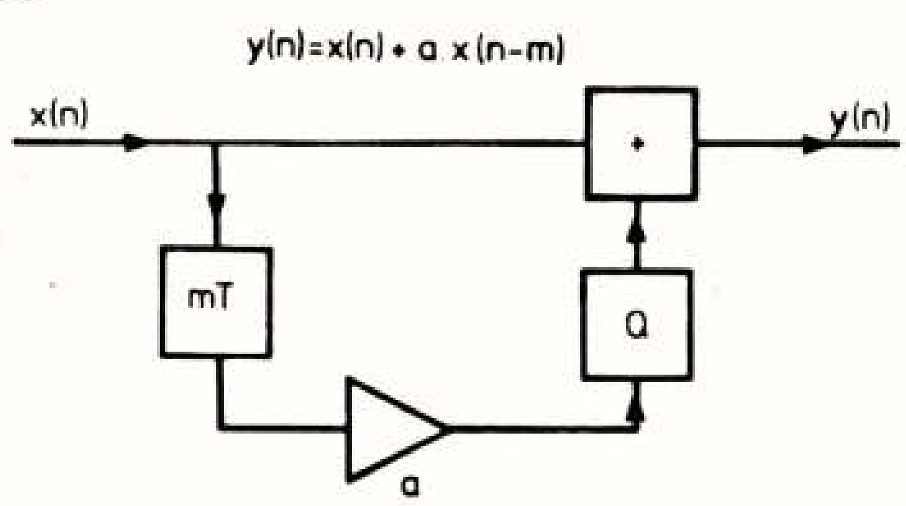


Fig. 7: Structuur voor digitale echo.

Een digitale schakeling die van een signaal een echo genereert wordt gekenmerkt door een impulsresponsie h(n)

$h(n) = \delta(n) + a.\delta(n-m),$

waarin a een schaalfactor voorstelt en m het aantal bemonsteringsperioden van de vertraging. Figuur 7 toont een mogelijke structuur voor implementatie, waarin Q de afronding na vermenigvuldiging voorstelt. Om een acceptabel echo-effect te verkrijgen moet de vertragingstijd minstens 10 tot 50 msec bedragen [8]. Bij een bemonsterperiode van 20 microsec betekent dit bij 16 bits/monster een hoeveelheid opslag van 8 tot 40 kbit/kanaal. Een aanvaardbare implementatie is daarom alleen mogelijk als gebruik kan worden gemaakt van VLSI-technologieen. Een interessante toepassing

van echo is het zg. chorus-effect. Hierbij wordt hetzelfde ingangssignaal toegevoerd aan een aantal echo-secties met verschillende vertragingstijden waarvan alle uitgangssignalen gesommeerd worden.

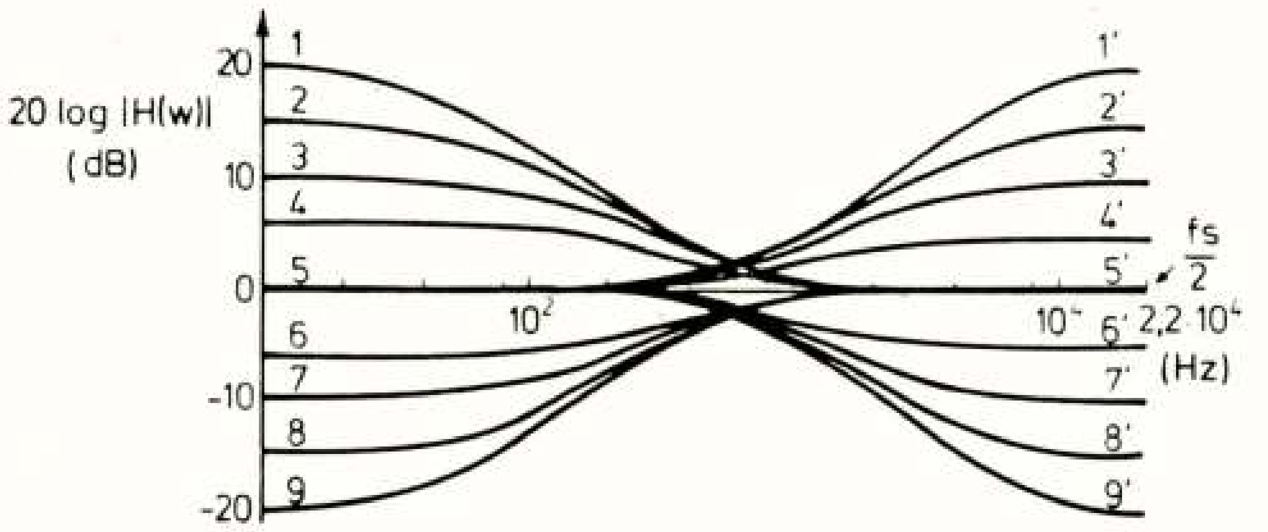


Fig. 8: Frequentiekarakteristieken van een digitale toonregeling voor regeling van zowel lage als hoge tonen.

De frequentiekarakteristieken van een digitale toonregeling zijn in figuur 8 weergegeven op een dubbel-logaritmische schaal. Voor de regeling van zowel lage als hoge tonen zijn negen mogelijke karakteristieken getoond waaruit gekozen kan worden. De overdracht voor lage tonen is genormeerd op de overdracht bij de halve bemonsteringsfrequentie, terwijl die voor de hoge tonen refereert aan de overdracht voor gelijkspanning. Elk van deze krommen kan gerealiseerd worden met de structuur van figuur 9. Deze wordt gekenmerkt door een pool en een nulpunt waarvan de ligging bepaald wordt door b resp. a. De uitgangsmonsters y(n) van een sectie worden berekend volgens

$$y(n) = x(n) + a.x(n-1) + b.y(n-1)$$

Met de schaalfactor c wordt de overdracht per sectie genormeerd. Voor een onafhankelijke regeling van de lage en hoge tonen zijn dus twee secties in cascade vereist. Voor de berekening van elke uitgangsmonster

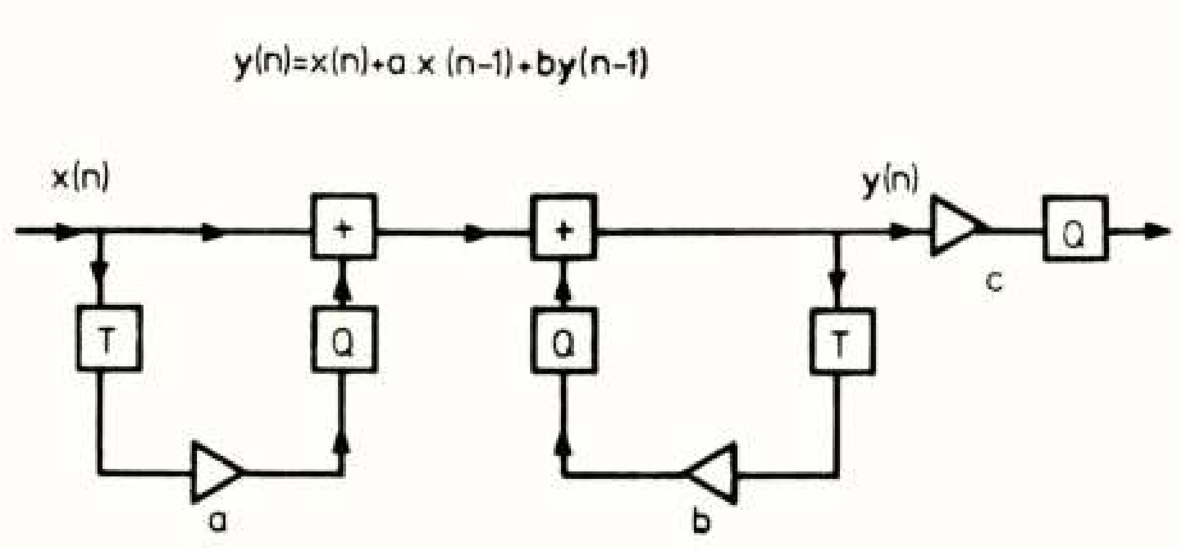


Fig. 9: Structuur van een digitale toonregeling.

van zo'n cascade zijn zes vermenigvuldigingen nodig in 20 microsec. Karakteristieke woordlengten van met elkaar te vermenigvuldigen woorden zijn hierbij 20 en 14 bits. Bij een seriele uitvoering van deze vermenigvuldigingen leidt dit tot een benodigde klokfrequentie van ongeveer 20 MHz wat meestal niet aantrekkelijk is. Een serie-parallel uitvoering vereist een klokfrequentie van ongeveer 1 MHz maar kost meer hardware. Door gebruik te maken van tijd-efficiente vermenigvuldiging [3] is de klokfrequentie voor dit soort schakelingen nog minstens een factor 2 te reduceren. Niettemin blijft de hiervoor vereiste snelheid een probleem.

Een combinatie van zowel de snelheids- als de opslagproblematiek wordt gevormd door de schakelingen voor nagalm. Dit blijkt uit de structuur die in figuur 10 is gegeven. Deze is te gebruiken als bouwsteen [8] voor een nagalm-module. We zien dat naast de in vergelijking met echo verdubbelde opslagcapaciteit, ook drie vermenigvuldigingen per uitgangsmonster per 20 microsec per bouwsteen nodig zijn. Voor de dimensionering van een nagalm-module moeten als ontwerpparameters per sectie de weegfactoren a en c en de grootte van de vertraging m worden bepaald. Ook het aantal van dergelijke secties en hoe deze onderling doorverbonden moeten worden, dient bij het ontwerp te

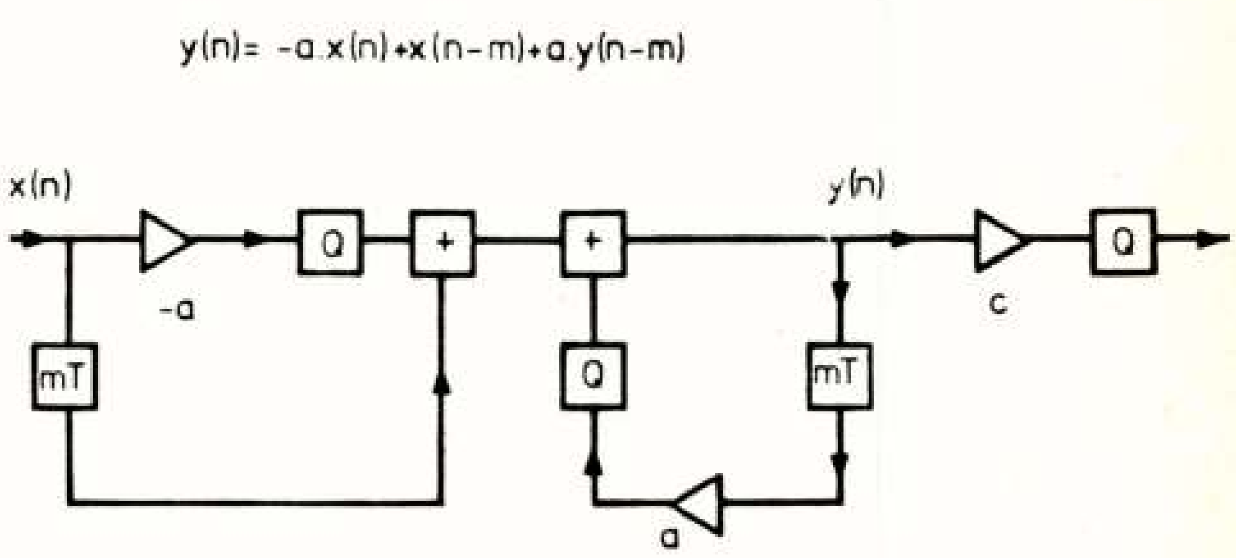


Fig. 10: Structuur van een bouwsteen voor een digitale nagalmmodule.

worden vastgelegd. Het grootste probleem hierbij is dat geen objectieve ontwerpcriteria beschikbaar zijn die het mogelijk maken de geschiktheid van een dergelijk structuurvoorstel te beoordelen. Deze moeilijkheid doet zich ook voor bij het bepalen van de waarden van a en m zowel voor echo als nagalm. Bovendien treedt dit probleem op bij het ontwerpen van digitale signaalbewerkingen als daarbij een implementatie met minimale hoeveelheid hardware wordt nagestreefd. Dit komt door het feit dat eindige woordlengte-effecten hierbij een rol gaan spelen.

Hieruit volgt dat voor het ontwerpen van digitale signaalbewerkingen behalve objectieve criteria ook subjectieve beoordelingen nodig zijn. Dergelijke beoordelingen kunnen alleen plaats vinden door het vergelijken van overeenkomstige eigenschappen van ingangs- en uitgangssignalen van de bewerking. Als van het ingangssignaal van de bewerking het oorspronkelijke bronsignaal niet meer beschikbaar is, dan kunnen hiervan geen objectieve criteria worden bepaald. In zulke gevallen kunnen de signalen, en daarmee de signaalbewerkingen, alleen nog subjectief beoordeeld worden. We merken nog op dat hier alleen gesproken

wordt over het beoordelen van digitale signaalbewerkingen in een ontwerp-situatie. Methoden die geschikt zijn om in een productie-omgeving gebruikt te worden, worden hier niet behandeld.

Onder objectieve criteria verstaan we meetbare en/of berekenbare specificaties van het systeem zoals signaal/ruisverhouding, signaal/quantisatievervormingverhouding, totale- en derde harmonische vervorming, dynamisch gebied, bandbreedte en dergelijke. Uit deze parameters is een maat voor de verandering van de betreffende signaalkenmerken als gevolg van de signaalbewerking af te leiden. Een voorwaarde hiervoor is natuurlijk wel dat het ingangssignaal het toestaat het te onderzoeken kenmerk voldoende nauwkeurig te bepalen.

Subjectieve beoordelingen onderscheiden wij in drie categorieen en wel technisch luisteren, luisterproeven en huiskamerproeven. Onder technisch luisteren verstaan we het subjectief beoordelen van sinusvormige signalen of zuivere tonen op grond van een totaalindruk van de optredende vervormingen ten gevolge van signaalbewerkingen. Op deze wijze wordt in een eerste ontwerpfase bepaald wat de kritische grenzen zijn van de parameters van de signaalbewerking. Daarna wordt geprobeerd de gevonden grenswaarden in verband te brengen met de objectieve criteria.Technisch luisteren gebeurt meestal individueel. Hierbij is het de bedoeling dat uitsluitend het effect van de signaalbewerking bij de beoordeling een rol speelt. Dit houdt in dat beinvloeding door de akoestiek van de luisterruimte vermeden moet worden. Hiertoe moet ook het geluidsniveau van ongewenste signalen zo laag mogelijk gehouden worden. Dit laatste geldt uiteraard voor alle categorieen van subjectieve beoordelingen.

Bij luisterproeven wordt individueel of groepsgewijs onder andere geprobeerd de hoorbaarheidsdrempel van één enkel, bekend effect van een digitale signaalbewerking vast te stellen. De luisteraar wordt daarvoor eerst vertrouwd gemaakt met dit effect, waarna hij dit in verschillende gradaties in hetzelfde muziekstuk te beoordelen krijgt. Perfecte reproduceerbaarheid van het muziekstuk is hiervoor een vereiste, evenals volledige beheersing van alle parameters van het te beluisteren effect. Bij digitale signalen en signaalbewerkingen is dit eenvoudig te bereiken door het gedigitaliseerde muziekstuk op te slaan in de computer en de bewerking ervan te simuleren. Voorbeelden van luisterproeven zijn het bepalen van de gehoordrempels voor quantisatie-vervormingen als gevolg van verschillende quantisatiekarakteristieken, voor looptijdverschillen en voor rimpel in een overdrachtskarakteristiek. Het is natuurlijk van belang om te weten hoe combinaties van effecten subjectief uitwerken, of ze onderling onafhankelijk zijn dan wel dat ze elkaars werking subjectief versterken of verzwakken. Hiermee kan bijvoorbeeld onderzocht worden welke combinatie van effecten leidt tot een minimaal complexe implementatie van een digitale signaalbewerking. Ook dit kan alleen op grond van luisterproeven worden vastgesteld. We moeten bij dit alles bedenken dat niet het optreden van een effect van belang is maar zijn hoorbaarheid.

Bij huiskamerproeven ligt de nadruk van de subjectieve beoordeling van een digitale signaalbewerking op de bepaling van de invloed van de weergave in een huiskamer. Hierbij treedt een combinatie op van psycho-akoestische effecten en van effecten van signaalbewerkingen en ruimte-akoestiek. In tegenstelling tot het beoordelen bij luisterproeven wordt hier niet geprobeerd individuele effecten te beluisteren, maar wordt alleen de totale gewaarwording van de muziekweergave beoordeeld. Dit soort onderzoekingen is van belang om te bepalen welke signaalbewerkingen met welke parameters aangenaam zijn in een huiskamer. Een tweede soort onderzoekingen kan gericht zijn op de beinvloeding van de akoestiek van de ruimte door signaalbewerkingen. Om significante resultaten te krijgen dienen huiskamerproeven te worden uitgevoerd met een groot aantal luisteraars en de uitkomsten moeten statistisch worden verwerkt.

Om bovengenoemde proeven te kunnen uitvoeren moet aan een aantal nevenvoorwaarden worden voldaan. Allereerst moeten we de beschikking hebben over een aantal voor hun genre representatieve stukken muziek. Deze moeten in een studio bij de opname worden gedigitaliseerd met een voldoende aantal bits/monster om de invloed van deze quantisatie bij subjectieve beoordelingen zo veel mogelijk uit te sluiten. Bij weergave ten behoeve van subjectieve testen moet het geluidsniveau van de achtergrond van de luisterruimte zo laag zijn dat de te beoordelen effecten hierdoor niet gemaskeerd worden. Dit is ook nodig omdat naar het volledige dynamisch bereik van de opgenomen signalen geluisterd moet kunnen worden zonder in de buurt van de pijngrens te komen. Uit deze eis zal het duidelijk zijn dat meestal speciale voorzieningen nodig zijn om een luisterruimte te creëren met het gewenste lage geluidsniveau van de achtergrond. Een dergelijke luisterruimte moet ook voldoen aan een aantal eisen voor wat betreft zijn akoestische eigenschappen. Zo is voor technisch luisteren en luisterproeven vereist dat het directe geluid van de luidspreker(s) beluisterd kan worden. Hiertoe dienen geluidsweerkaatsingen in de luisterruimte sterk beperkt te worden. Daaruit volgt dat de gewenste nagalmtijd van deze ruimte relatief laag moet zijn (0,2-0,3 sec). Dit in tegenstelling tot een luisterruimte voor huiskamerproeven, want in huiskamers spelen reflecties juist een zeer belangrijke rol. Representatieve nagalmtijden

voor huiskamers liggen in de orde van 0,4 tot 0,6 sec.

Bij het ontwerpen van digitale signaalbewerkingen is het niet alleen ten behoeve van subjectieve beoordelingen nodig om snel parameters te kunnen wijzigen, maar ook voor het meten van objectieve criteria. Om snel parameters te kunnen veranderen is zeer flexibele hardware vereist. Het ontwerpen en bouwen hiervan is duur, terwijl al in de eerste ontwerpfase moet worden voorzien welke parametervariaties hierin aangebracht moeten worden. Indien de realisatie beperkt blijft tot synchrone digitale hardware dan is het mogelijk de computer in te schakelen om deze exact te simuleren.

Met computersimulaties is niet alleen de functionele simulatie van een algoritme uit te voeren, maar is ook het gedrag ten gevolge van beperkingen in de hardware-realisatie te bepalen. De gewenste flexibiliteit ontstaat doordat alle parameters uitsluitend nog als variabelen van een computerprogramma voorkomen.

Een aantal factoren zijn bovendien nog van belang als een groot aantal alternatieven onderzocht moet worden waarvoor geen objectieve beoordelingscriteria bestaan. In dat geval kunnen parameters alleen maar gewijzigd worden op grond van subjectieve beoordelingen. Een snelle convergentie van dit ontwerpproces is er ten zeerste mee gediend als veranderingen in parameterwaarden interactief aangebracht kunnen worden. Bovendien is het hiervoor gewenst dat de simulatie van de signaalbewerking in "real-time"kan worden uitgevoerd. Het zal duidelijk zijn dat hierdoor hoge eisen worden gesteld zowel aan de hardware als aan de software van een dergelijk computersysteem. De "real-time" bewerking betekent in vele gevallen dat een zg. array processor moet worden gebruikt voor het snel uitvoeren van rekenkundige bewerkingen.

Een visuele indruk van te bewerken en bewerkte signalen, zowel in het tijds- als in het frequentiedomein, kan in het ontwerpproces behulpzaam zijn om bepaalde verbanden aan het licht te brengen. Daarvoor

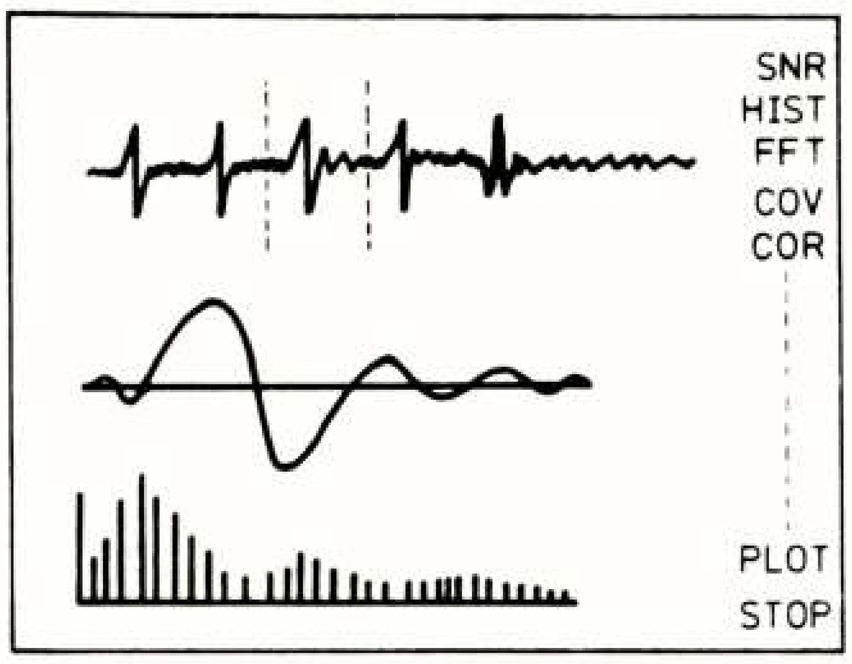


Fig. 11: Digitale signalen in tijd- en frequentiedomein zichtbaar gemaakt op een graphics I/O met menufaciliteit.

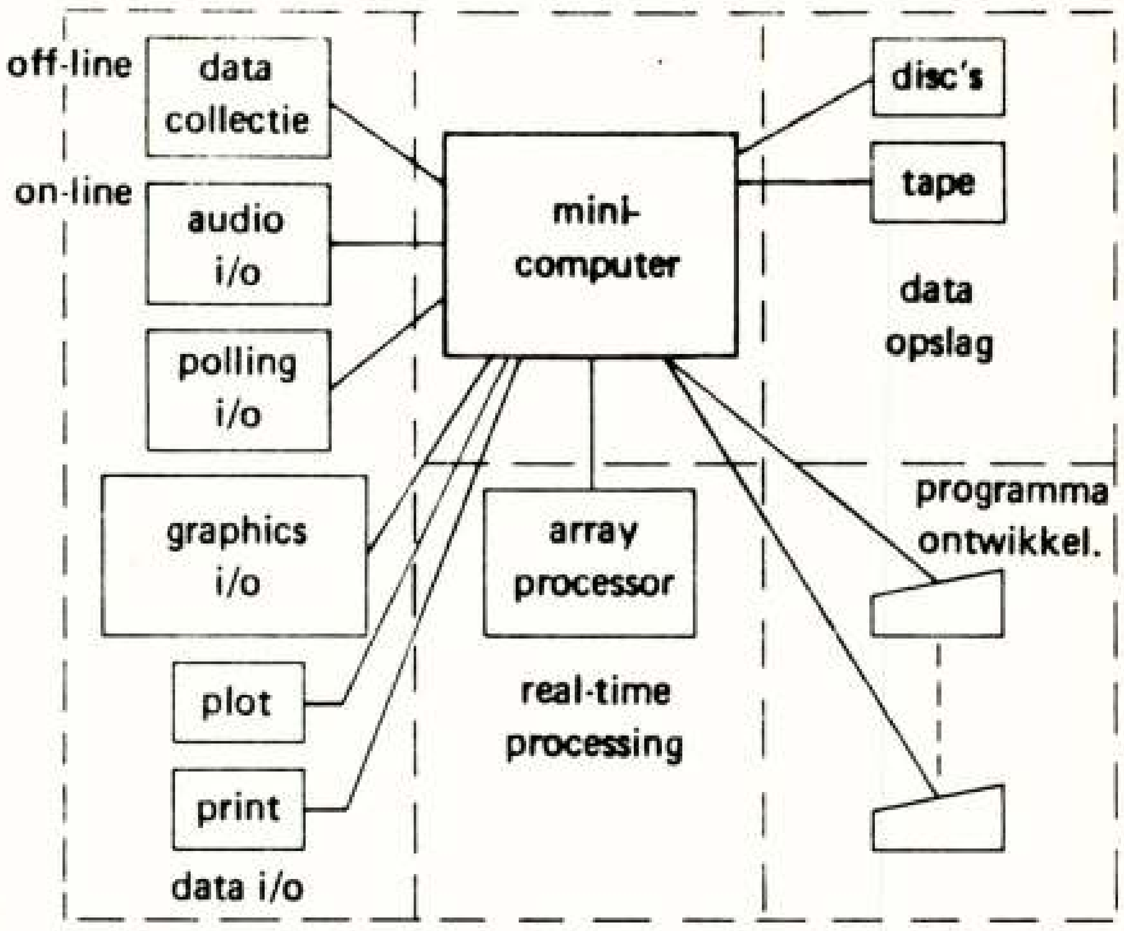


Fig. 12: Computerconfiguratie voor de simulatie van digitale signaalbewerkingen van digitale audiosignalen.

is het nodig om met behulp van een beeldscherm deze informatie zichtbaar te maken. Een voorbeeld hiervan is in figuur 11 gegeven. Behalve een overzicht over ongeveer 1 sec van het signaal wordt ook een klein deel hiervan uitvergroot. Het bij dit laatste signaal behorende spectrum (FFT) wordt onderaan weergegeven. Met behulp van een zg. menu-faciliteit kan onder andere gekozen worden welke bewerking plaats moet vinden op het getoonde signaal.

In figuur 12 is tenslotte een computerconfiguratie voor de simulatie van digitale signaalbewerkingen van digitale audiosignalen aangegeven die gebaseerd is op de bovenstaande overwegingen. De digitale audiosignalen worden verkregen met een off-line data collectie systeem bestaande uit 16 bits A/D- en D/A-omzetting en digitale magnetische registratie. Het verzamelen van de gegevens van de subjectieve testen geschiedt met zg. polling stations. De opslag in de computer van de grote hoeveelheid data van de data collectie systemen gebeurt op magnetische schijven met een capaciteit van 67 MByte. Dit betekent dat 4 minuten stereo in digitale vorm kan worden opgeslagen. Ten behoeve van het ontwerpen van digitale signaalbewerkingen zijn een graphics display en een array processor aangesloten die een interactieve werkwijze met "real-time" bewerkingen mogelijk maken.

5. Conclusies

In deze samenvatting benadrukken we nogmaals expliciet aan welke voorwaarden voldaan moet zijn willen digitale-audio systemen praktisch haalbaar worden. We hebben laten zien dat digitaliseren een hoge analoge precisie vereist gezien het grote

dynamisch bereik van akoestische audiosignalen. Het hieruit resulterende aantal bits/monster moet 14 tot 16 bedragen afhankelijk van de toepassing (huiskamer of studio, weergave of opname). Het verlangen naar een grote bandbreedte leidt tot een hoge bemonsterfrequentie (44-50 kHz). De combinatie van beide maakt goedkope Gigabit-opslag noodzakelijk (1 Gigabit is ongeveer 10 minuten stereo). In de huidige technologie is deze beschikbaar maar ze dient dan wel te worden voorzien van schakelingen voor foutendetectie en -correctie en eventueel verdere foutenmaskering. De complexiteit van de schakelingen noodzaakt implementatie in (V)LSI-technologie. Omdat zowel Gigabit-opslag als (V)LSI-implementatie van de schakelingen beschikbaar zijn is de introductie van digitale audio als massaproduct op korte termijn te verwachten.

Uit een analyse van de functies die in een digitale-audio systeem vervuld moeten worden en uit de daarmee verbonden realisatieproblematiek volgt de introductie van een geintegreerd digitale-audio systeem. Dit wordt gekenmerkt door een flexibele, modulaire structuur met een programmeerbaar schakelnetwerk, waarmee verschillende configuraties zijn op te bouwen.

Digitale signaalbewerkingen zullen een belangrijke rol spelen in digitale-audio systemen. Aan de hand van een aantal voorbeelden (echo, toonregeling, nagalm) hebben we laten zien dat dit leidt tot snelheids- en opslagproblemen voor hun realisatie die met (V)LSI-technologieen zijn op te lossen. In de ontwerpfase ontstaan hierbij ook problemen met betrekking tot parameter- en structuurkeuze die vragen om subjectieve beoordeling van de digitale signaalbewerkingen. Hun complexiteit en de gewenste flexibiliteit van ontwerpen vereisen computersimulatie bij voorkeur met een interactieve werkwijze en "real-time" bewerking van signalen.

In dit verhaal hebben we geprobeerd een indruk te geven van de problematiek bij het realiseren van digitale-audio systemen en van de uitdaging die geboden wordt door nieuwe toepassingen van digitale signaalbewerkingen. Onze verwachting is dat de fascinerende mogelijkheden van digitale-audio systemen in het huidige decennium tot verwezenlijking zullen komen.

6. Referenties

1 A. Gersho, "Principles of Quantization", IEEE Trans. CAS-25, July 1978, pp. 427-436.

2 B.A. Blesser, "Digitization of audio: a comprehensive examination of theory, implementation, and current practice", Journal AES, vol. 26, no. 10, pp. 739-771.

3 L.D.J. Eggermont, "Oversampling in waveform coding", Tijdschrift van het N.E.R.G., deel 44, nr. 5/6, pp. 243-256.

4 T.A.C.M. Claasen, W.F.G. Mecklenbräuker, J.B.H. Peek and N. van Hurck, "Signal processing method for improving the dynamic range of A/D and D/A converters", Proc. 1979 Int. Symp. on Circuits en Systems (ISCAS), Tokyo, July 1979, pg. 193-196.

5 R. Bernhard, "Higher fi by digits", IEEE Spectrum", 1979, pp. 28-32.

6 K. Welland, H. Redlich, "The "MD" (Mini-disk) system, a contribution to the digital audio disk standard", AES preprint 1562, 64th Convention, 1979, Nov. 2-5, New York.

7 J.A. Moorer, "Signal processing aspects of computer music: a survey", Proc. IEEE , vol. 65, no. 8, pp. 1108-1137.

8 B. Blesser, J.M. Kates, "Digital processing in audio signals", Chapter 2 in Applications of Digital Signal Processing, ed. A.V. Oppenheim, Prentice-Hall, Inc., 1978.

Voordracht gehouden op 19 februari 1980 in het Natuurkundig Laboratorium van de NV Philips te Eindhoven tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 286), de Benelux Section IEEE en de Sectie Telecommunicatietechniek KIvI.

GENERAL ASPECT OF DIGITAL AUDIO IN THE STUDIO

B.Blüthgen

Polygram Hannover

The paper reflects Digital Audio on: sound improvement, audible bandwidth as basis of sampling rate, signal quantization with codec performance, background of data reduction requirements/applications, a prospective concept on recorder/mixer setup, the studio equipment and its enviroment, a close look at recording operations and an approach to recorder standardization by "user's questionnaire".

Why does Going Digital became the catchword in the recording industry? Low price computer components as well as fast developing high density (VTR) recording techniques applied to audio/video fields provide professional recording studios with the advantageous sound improvement achieved by PCM when compared with analog signal processing. The "direct to disc" sound quality on records was well recognized by audiophil listeners. Disturbing third order harmonics and modulation noise are known as major audible drawbacks of analog tape recording in particular when mixed together with second order harmonics during disc playback. This phenomenon has recently been investigated in detail by Polygram engineers and published via AES-preprint 1453: The increase of nonlinear distortions from virgin tape to disc. The forthcoming Digital Audio disc will restrict distortions (close) to the theoretic value defined by system specifications.

Out of the above and also of several preliminary investigations on the trade-offs involved in digitized sound it was found that the professional recording studio can't deny Digital Audio for the future.

Based there upon, interested hardware manufacturers and users groups/societies started a public discussion on basic system specifications before a standard variety appears on the market. While harmonization on signal quantization in amplitude became a relative easy task up to now no consensus for sampling in the time domain was found. Additional compatibility demandswith respect to video-system signal formats and the incapacity of public understanding on physical (audible) differences between analog and digital sound recording, including those caused by program production procedures and definitely affecting analog Hifi bandwidth requirements, led to tremendous uncertainty all over.

But the still ongoing debate on particular specifications might be seen as the protecting shield to prevent from hasty decisions. A worldwide attempt on sampling rate standardization before(!) a thoroughly executed investigation, only to be evaluated by PCM-coded music, answered the question on the real mandatory sampling rate determining reasons for human audible bandwidth requirements seems to be unwise.

A false decision at the sampling rate standard will tighten the bottlenecks during all data processing involved but might not occur when the consumer becomes educated that existing analog 20 KHz Hifi-audio bandwidth requirements depend on phase distortion in the analog recording/filter process being not within critical limits of PCM-production techniques as several tests proved 15 KHz is enough (IRT/IVC) for PCM-coded sound.

When in doubt, the hard-/software industry should provide the customer with comparable products for seld-explanatory education.

What does "sampling rate" mean for the studio?:

a) The lowest sampling rate permitted by system's application in the best data reduction method available.
b) Data processing like program mixing of differently rated PCM-signals, require expensive transcoder interfaces.
c) Transcoder-"black box" confusion in the studio is expected by introduced (semi) professional signal source standards (not to forget decreasing operational flexibility).
d) Diverging sampling rates strongly affect appropriate antialiasing filter design for any equipment combination allowance.
e) Time sharing methods applied to complex circuitry extremely decrease hardware expense on multitrack console equipment. Low sampling rates will easy data processing speed limits.
f) Low sampling rates also enhance obligations on filter specifications. Beside others the design engineer should not forget the analog/digital overlapping production period where recorded program may multiple pass a codec.

Signal quantization boundaries are listed as follows:

a) Any codeword element increase automatically reduces the system transmission/storage capacity, or affects the
b) A/D - D/A - converter complexity negatively, but defines the theoretical system
c) minimum quantization noise floor.

Reported listening tests proved that a 14 bit PCM-signal is accepted to be within audio perception limits for prerecorded program material. However, during normal studio recording operations unforeseen signal peaks must be handled. The german phonographic industry executed an investigation (1978) on the level ratios between true peak/standard peakmeter and RMS recorded from selected instruments. The diagrams derived therefrom (f_s=48 KHz/ q=15 bit) lead to the conclusion, extra 2 bit = 12 dB are capable to handle unexpected peak levels exceeding desired monitor values and/or A/D-conversion limits not detected by the balance engineer.

We may also assume that physical limits in the A/D-converter sample hold circuitry implement additional quantization noise to theoretical figures. Such noise detoriates the sound quality and can be reduced by digital filtering (integration) to the nominal sampling rate after previous sampling at a multiple rate. The audible result, compared to straight forward standard conversion techniques, offers a possible (data reduction) method advantageous for data transmission/recording.

A system performance in equipment specification sheets in general claims dynamic values by quatization theory which is optical illusion for user's judgement as a high quality 14/15 bit codec sound quality may complete with poor 16 bit results.

The above should draw our attention to critical judgement of all the widely published theoretical codec noise figures and reality. A 16 bit incorporated in studio equipment must keep within specification at ambient temperature variations without manual alignment required. Otherwise this componant is not studio alike. When in comparison lower step size converter prove better, they are to be preferred.

Data reduction methods accomplished via lowered sampling rate and code element figures have their limits at perceptible sound degradation. Alternative solutions must economize the all digital studio equipment design whereever possible.

Predictive delta-PCM and several proposed companding methods are unsuitable for signal mixing and/or filter processing. With equal codeword size and simple data retrieve in mind, the only method applicable to studio equipment might be developed from the slew rate statistics of music, when seldom occuring codeword size-overflows are protected by means of buffer memory or alternatively preferred perceptual slew rate companding (clamped LSB) samples of which are identified via one extra subcode bit in each codeword. (see separate paper).

Today, most experiences on digital audio recording equipment are gathered by VTR-stereo- or 4-track recorder types. But 32-trackmachines easily cast a damper on the enthusiasm when optimum performance is reached after ≙ 1 hour warm up time, a safety check-up/ alignment on drifting converters is required, some signals being masked by the noise floor in each channel become well audible by coherent summation during classic repertoire mixdown, any wrinkled or touched tape causes clicks, tape coating disappears under special circumstances as powder and last not least power dissipation accompanied by fan noise are additional inconvenient attributes.

Editing of digitally recorded program material seems to be restricted on take assembling via take by take copying including smooth crossfade at edit points. Featuring no razor-cut tape splicing, the complete edit copy program must be repeated when only one take has to be replaced.

No complex all digital mixer is expected in the general studio at short sight, although feasibility studies on the subject (BBC/Harrison) showed promising results already. The analog mixer currently used is not the weak link within the program production chain. So we may wait until complex Multichannel filter/mixing/etc techniques are developed at reasonable costprice.

Looking forward, it's assumable that non recursive digital filters featuring constant group delay characteristic enable a further step on sound improvement.

Todays major question is not "how to do it" bur "how are priorities to be listed" in order to cope with existing restricted engineering capacity.

Future all digital consols should make any possible use of timesharing methods applied to incorporated circuits/components. PCM-recorders require codecs only, when they are sololy used (apart from the console). The appropriate recorder design therefore should provide a tape deck only, with inbuilt modulator/demodulator interface circuitry (error correction included). This becomes understood when same data processing methods are applied to different (often not simultaneous) operations. Signal punch-in/mixing and filtering they all function by multiplier components (etc.) with the edit preview memory capacity alternatively may be used for delay purposes.

Particular attention on studio equipment design should be paid to radiant electric energy which interferes with the environment and eventual federal regulations. With the bottleneck at todays low power IC-production capacity and TTL-logic power dissipation (air condition) in mind, C-Mos components should be used wherever possible.

High data packing density techniques, accompanied by strong (MSB) error correction/protection circuitry, are trade-offs along with "going digital". Tape handling during take assemble-editing becomes a risky task, as wrinkled tape easily destroys data periods exceeding error correction capabilities.

VTR-adapted digital audio processor units now are widely used as the bandwaggon for stereo-recording and proved best with respect to tape handling by its advantageous casette protection. Longitudinal stationary head recorders are expexted to cover operational and technical multitrack demands. A demonstrated 24-track recorder, specified by 1/2 inch tape/30 inch/sec, points out what technically is achieved already; but a comparable tape-casette solution, although very desired, becomes doubtful with respect to the mechanical/ operational problems involved.

A facility, similar to the Philips VTR-Casette exchange automat, becomes useful when (e.g.) an edit program must be accomplished from several cassettes. A handy multitrack-cassette solution for longitudinal multitrack-recorder seems to become very desired at this particular operation.

Mechanical noise, caused by cooling fan(s), tape transport(s) and multiple previewed edit-start/stop operations treats the balance engineer with physical stress. Thus, profits from digital audio dynamic range improvement can only be monitored when respective precautions are taken during equipment and/or studio installation. Previewing edits via random acces memory (RAM) readout instead of recorder shuttle methods reduces disturbing noise and speed up operations efficiently.

The interchangeability of professional recorded master tapes is of mandatory importance for professional applications (if program exchange is not restricted to one location/company omly).

Beside VTR-technique related standards applied to adaptive PCM-codec equipment, existing hardware solutions on stationary head recorder design may be seen as technical and operational first order feasibility studies, wherefrom a worldwide harmonized second generation should be derived.

As a contribution to the efforts in digital audio standardization this paper ends with a selfexplanatory questionnaire on stationary multitrack recorder specifications, distributed to all major hardware companies and user organizations involved (AEG/Telefunken, Ampex, 3M, Matsushita, MCI, Mitsubishi, Nippon Columbia, Sony, Studer - - AES, ARPS, Danmark Radio, IRT, JPRA, RIAA, RIEE, TDF).

Hopefully, the uncertainty where to order futureprove studio equipment can be abolished in the near future for the benefit of soonest Digital Audio introduction in every studio.

Voordracht gehouden op 19 februari 1980 in het Natuurkundig laboratorium van de N.V. Philips te Eindhoven, tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 286), de Benelux sectie IEEE, en de Sectie Telecommunicatietechniek KIvI.

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(287ste werkvergadering)
SECTIE TELECOMMUNICATIETECHNIEK, KIvI
BENELUX SECTIE IEEE









UITNODIGING

voor de bijeenkomst op **maandag 14 april 1980** in het **PTT-vergadercentrum (Telefoondistrict Utrecht), Burg. Fockema Andreaelaan 15** te **Utrecht.**

Onderwerp:
VERKEERSBEGELEIDING IN DE HAVEN VAN ROTTERDAM.

PROGRAMMA

11.30 uur: Koffie.

12.00 uur: **IR. R. K. BLEEKRODE** (Nautische Zaken, gemeente Rotterdam): ONTWIKKELING VAN EEN NIEUW BEGELEIDINGSSYSTEEM VOOR HET SCHEEPVAARTVERKEER (VBS).

13.00 uur: Lunch.

14.00 uur: **PROF. IR. E. GOLDBOHM** (Christ. Huygens Lab., Oegstgeest): CONSULTANCY TEN BEHOEVE VAN DE WALRADAR.

14.30 uur: **IR. P. A. CAROL** (Holl. Signaalapparaten, Hengelo): TECHNISCHE ONTWIKKELING VAN HET VBS.

15.00 uur: Thee.

15.30 uur: **ING. J. VERSCHOOR** (Raadg. Bureau Berenschot, Utrecht): ONTWIKKELING VAN HET EISENPAKKET VOOR DE INFORMATIEVERWERKING.

16.00 uur: Discussie en sluiting.

In verband met de plaatsruimte is het aantal deelnemers beperkt tot ca. 120 personen.

Aanmelding dient te geschieden **vóór 10 april 1980** door middel van de aangehechte kaart gefrankeerd met 45 cent. Reservering van de lunch kan slechts geschieden door vóór 10 april 1980 een bedrag van fl 10.00 te storten op girorekening 2389759 t.n.v. J. Neessen te Woerden onder vermelding van „VBS".

NERG-leden, die de algemene vergadering willen bijwonen, dienen dit aan te geven op de aangehechte kaart. Tevens dient te worden aangegeven of men de jaarstukken wenst te ontvangen.

Namens de samenwerkende verenigingen,
IR. J. T. A. NEESSEN.

Woerden, maart 1980.

MUZIKALE MOGELIJKHEDEN VAN DIGITALE KLANKSYNTHESE

P. Berg
Instituut voor Sonologie, Rijksuniversiteit Utrecht

Musical Possibilities of Digital Sound Synthesis. Applications of digital sound synthesis in the field of electronic music are increasing. An indication is given of the extent of this activity by examining a number of key words. Digital sound synthesis also offers the interesting opportunity to think about music in different ways. Three systems designed at the Institute of Sonology in Utrecht are discussed.

INLEIDING

Er worden telkens nieuwe technische middelen gebruikt voor het creëren van elektronische muziek. Men maakt steeds meer gebruik van digitale klanksynthese in dit genre. Deze presentatie geeft aan wat sommige van de mogelijkheden zijn, die digitale klanksynthese biedt aan een komponist van elektronische muziek. Verder worden een drietal voorbeelden van computersystemen voor klanksynthese besproken.

De toepassing van digitale klanksynthese binnen de muziek neemt sterk toe. Dit wordt o.a. bevorderd door de beschikbaarheid van de apparatuur en de verbeterde uitwisseling van informatie op dit gebied. De hoeveelheid van activiteiten maakt het moeilijk om een kort en juist overzicht van het muzikale werk met digitale klanksynthese te geven. Daarom wordt er in deze presentatie geen poging gedaan om zo'n overzicht te geven. Niettemin wordt een aantal aspekten van digitale klanksynthese onderscheiden om een indruk te geven van de breedte van het werk.

ASPEKTEN

Direkt/gemengd digitaal

Het soort hardware configuratie dat nodig is voor een bepaald muzieksysteem kan gebruikt worden als een onderscheid. Klanken kunnen gemaakt worden met een computer die informatie rechtstreeks naar een of meer digitaal -analoog omzetters, een versterker, en luidsprekers stuurt. In dit geval spreekt men van direkte klanksynthese. Een andere mogelijkheid is om een computer te gebruiken voor de besturing van andere digitale apparatuur. Deze apparatuur zou b.v. uit speciale "intelligente" generatoren kunnen bestaan, die gebouwd zijn voor een zeer specifieke toepassing, of een digitale synthesizer met verschillende mogelijkheden. Dit soort configuratie met digitale besturing van andere digitale apparatuur heet "gemengd digitaal". Het heeft het voordeel dat door de hoofdprocessor veel tijd bespaard wordt, omdat alle modules velerlei routineberekeningen uitvoeren. Dit betekent dat de hoofdprocessor een kleiner en langzamer apparaat kan zijn dan wat nodig is voor direkte synthese. Verder is een meer ingewikkelde besturing mogelijk. Een nadeel van gemengde digitale systemen is, dat de hardware gericht is op een bepaalde manier van klanksynthese en dus minder flexibel is dan de hardware configuratie voor direkte synthese.

Off-line/real-time

Muzieksystemen werken off-line of in real-time. Off-line betekent dat de gebruiker zijn data invoert; de computer maakt de noodzakelijke berekeningen volgens de tijdplanning van zijn bedrijfssysteem en slaat de berekende sample-waardes op in een omvangrijk geheugen. Als alle waardes zijn opgeborgen, kunnen ze doorgegeven worden aan de d-a omzetters, etc. Een off-line systeem werkt meestal zeer nauwkeurig. Het kan zeer gecompliceerde inputgegevens verwerken en een zeer gecompliceerde output produceren. Een nadeel is, dat het een zeer tijdrovend en kostbaar procédé is: de rekentijd voor 1 minuut muziek kan variëren van 10 tot 100 minuten. Veel geheugenruimte is ook nodig: in een doorsnee geval zouden 30000 waardes per seconde muziek opgeslagen moeten worden. Een real-time systeem produceert klanken na een zeer korte rekentijd of tijdens de uitvoering. Om de hoge snelheid te bereiken moeten er natuurlijk compromissen gemaakt worden. Daarom is bij direkte synthese de output vaak slechts eenstemmig. Een groot voordeel van real-time systemen is, dat de gebruiker heel gauw resultaten krijgt. Dit maakt een interaktieve manier van werken mogelijk.

Portable

Er worden bepaalde mogelijkheden geboden als een systeem portable is. In analoge elektronische muziek was in het begin de aandacht voornamelijk gericht op studiowerk. Na verloop van tijd wilde men het performance-aspekt erin brengen. Men ging het podium op met allerlei elektronische apparatuur. Naast zuiver bandmuziek had men dan ook "live" elektronische muziek. Dezelfde ontwikkeling doet zich voor met digitale klanksynthese. Terwijl het meeste werk nog steeds in een computerstudio

gedaan wordt, gaan steeds meer mensen het podium op met een portable digitaal systeem. De "live" computer-muzieksystemen zijn meestal gemengde digitale systemen of hybride systemen (digitale sturing van analoge apparatuur). Er zijn b.v. netwerken van microcomputers opgesteld om muziek te maken. Interaktieve systemen met uitvoerders met traditionele muziekinstrumenten en een digitaal systeem gebaseerd op een microcomputer komen vaker voor.

Kompositorische aspekten

Een digitaal klanksynthesesysteem kan kompositorische aspekten bevatten. Het systeem is dan niet een uitvoerder van een al dan niet traditionele partituur a la "Switched on Bach" (de elektronische Bach elpee van Walter Carlos). Bepaalde besluiten zouden aan de computer(programma) overgelaten kunnen worden. De regels die toegepast worden om de beslissingen te kunnen nemen, moeten natuurlijk van tevoren gedefinieerd zijn. De regels kunnen een veralgemenerisering van een bepaalde muzikale stijl zijn of een beschrijving van een gewenst muzikaal systeem.

Standaard/niet-standaard

S.R. Holtzman heeft een onderscheid voorgesteld tussen standaard en niet-standaard klankprogramma's. Een standaard programma gebruikt de traditionele muzikale parameters zoals toonhoogte, klankkleur, tijdsduur of akoestische regels. Deze programma's zijn ook aangeduid als het type "synthesis-by-rule". Niet-standaard programma's berusten niet op die basis.

Wetenschappelijk/creatief

Programma's voor digitale klanksynthese kunnen bedoeld zijn voor wetenschappelijk onderzoek, voor creatieve muziekproduktie, of voor allebei. Wetenschappelijk onderzoek kan b.v. zijn het verkrijgen van inzicht in muzikale strukturen of de beschrijving van muziek. Digitale klanksystemen bieden de middelen aan om hypotheses te toetsen. Creatieve muziekproduktie met een digitaal klanksysteem houdt in: het opnemen van de output op band, het evtl. manipuleren ervan in een analoge studio, en het terugspelen in een concertzaal. De andere mogelijkheid is om "live" te musiceren.

Klank/struktuur

Het uitgangspunt bij sommige systemen is de klank. Het kunnen produceren van bepaalde soorten klanken van hoge technische kwaliteit is het belangrijkste doel van zo'n systeem. Een ander uitgangspunt is de struktuur. In dit geval is de samenhang van de klanken belangrijker dan de individuele klanken op zich. Een systeem hoeft niet per se een van deze twee extreme posities in te nemen. Een tussenpositie komt veel voor.

DRIE KLANKSYSTEMEN

Denkbeelden

Bepaalde technische vooruitgangen bieden muzikale mogelijkheden. De geluidskwaliteit van een 16-bit omzetter of het gemak van grafische input. Misschien is een meer interessante mogelijkheid een andere kijk op muzikale denkbeelden. Met digitale klanksynthese kan men op een andere manier, met andere ideeën, denken over muziek dan tot nu toe het geval was. Drie voorbeelden van die mogelijkheid zijn de digitale klanksynthesesystemen aanwezig op het Instituut voor Sonologie te Utrecht: MIDIM, SSP, en PILE.

MIDIM

MIDIM (Minimal Description of Music) is een gemengd digitaal systeem ontworpen door W. Kaegi. Het systeem gebruikt een minicomputer (PDP-15) en twee digitale VOSIM generatoren. VOSIM is het klanksynthesesysteem van Kaegi en S. Tempelaars, en is gebaseerd op een model dat uitgaat van een reeks $\sin^2$ pulsen met variable pulsduur gevolgd door een variable vertraging (Kaegi 1978). In MIDIM moet een gebruiker een "predicator" en een "descriptor" definiëren. De predicator duidt een klasse aan van VOSIM vektoren. De predicator bevat ook enkele vrije variabelen die worden ingevuld met behulp van de descriptor. MIDIM combineert de predicator en de descriptor en let o.a. op "wellformedness". De output van MIDIM is een reeks constanten die gebruikt worden als input voor het VOSIM systeem. Het klinkende resultaat is eenstemmig. Voor het maken van een (band)kompositie met MIDIM kan de output gemengd worden in een analoge studio. Zo'n kompositie is b.v. "Passage" van Frank Sacci. Belangrijk in de benadering van MIDIM zijn pure semantiek en het idee van een muzikale calculus.

SSP

SSP (Sound Synthesis Program) is een direkt synthesesysteem ontworpen door G.M. Koenig.(Banks 1979,Berg 1980) Het werkt in real-time en heeft een niet-standaard benadering. Er wordt niet gesproken over b.v. frekwentie, toonhoogte, spektrum, pulsbreedte, of tijdsduur. Er zijn slechts twee parameters gebruikt: amplitude en tijd. Er is een aantal kompositorische regels (selectie principes) beschikbaar. Deze regels maken gebruik van verschillende toepassingen van toeval of van de direkte opgave van waardes. In SSP:

1. Alle mogelijke tijd en amplitude waardes zijn gedefinieerd.
2. Een selectie van die waardes is gemaakt met behulp van een selectie principe.
3. Een selectie is gemaakt van die selectie (ook met behulp van een selectie principe). Dit heet een segment.

```
DOS-15 V3B000
$BUFFS 4

$E SSP


SOUND SYNTHESIS PROGRAM

MOUNT TAPE & CONTINUE

YOUR NAME: >SAM
DATE: >2 JAN 78
RANDOM START NUMBER: >47
COMMON: 9393
FUNCTION: >LIST
PARAMETER: >AMP
SELECTION: >SEQ
COUNT >4096
CHUNKS: >0,1-4095
>
PARAMETER: >TIME
SELECTION: >SEQ
COUNT >500
CHUNKS: >1-500
>
PARAMETER: >
FUNCTION: >SELECT
PARAMETER: >AMP
SELECTION: >COPY
PARAMETER: >TIM
SELECTION: >COP
PARAMETER: >
FUNCTION: >SEGMENT
PARAMETER: >AMP
SEGMENT NUMBER: >1
SELECTION: >ALEA
A,Z,N: >1,4096,10
SEGMENT NUMBER: >2
SELECTION: >TEND
N,M: >200,2
NN,A1,A2,Z1,Z2: >150,1,100,900,1000
NN,A1,A2,Z1,Z2: >50,1700,2001,1700,2001
SEGMENT NUMBER: >3
SELECTION: >RATIO
FACTORS: >10,1,1,1,1,1,1,1,1,11,1,1,5
>
A,Z,N: >1000,1012,100
SEGMENT NUMBER: >4
SELECTION: >SEQ
COUNT >500
CHUNKS: >500*1
>
SEGMENT NUMBER: >
```

Fig. 1

Het bevat een gelijk aantal amplitude- en tijdwaardes. Meerdere segmenten kunnen gemaakt worden.
4. Een volgorde voor de segmenten is gemaakt met een selectie principe. Dit heet een permutatie.
5. De permutatie wordt beluisterd. Lineaire interpolatie vindt plaats tussen de amplitudewaardes van de segmenten. Kompositie wordt beschouwd als de definitie van een voorraad en de reeks selecties die gemaakt worden.

De achtergrond van deze benadering is enerzijds de seriële muziek van de jaren vijftig en anderzijds geprogrammeerde muziek. Komponisten van seriële muziek wilden dezelfde procédés gebruiken om zowel de makro-struktuur van de kompositie als de mikrostruktuur van de klank te bepalen. Geprogrammeerde muziek is muziek die gemaakt wordt door van tevoren bepaalde regels b.v. een canon. Een computerprogramma kan een aantal kompositorische regels bevatten om muzikale strukturen te produceren.

SSP is een conversationeel programma: het programma stelt vragen op een beeldscherm en de gebruiker typt antwoorden. Fig. 1 is een voorbeeld van zo'n interaktie: alles dat rechts staat van een > -teken werd getypt door de gebruiker. De rest werd geschreven door het programma.

De klinkende output van SSP is eenstemmig. "One Room to Another" van David Theriault is een kompositie gemaakt met SSP.

PILE

PILE is een taal voor direkte klanksynthese ontworpen door P. Berg (Berg 1979). Een programma geschreven in PILE werkt in real-time. Er wordt geen informatie opgeslagen buiten het programma. Het zou eindeloos kunnen draaien. Er kunnen maximaal vier kanalen van geluid geproduceerd worden. Groepen van machine instrukties zijn de basis voor PILE instrukties. In een PILE programma kunnen aparte klanken beschreven worden evenals een struktuur voor de klanken. Maar het is ook mogelijk een struktuur te beschrijven die klanken produceert zonder dat men van tevoren weet hoe het zal klinken. Fig. 2 is een voorbeeld van een kompleet PILE programma.

Machine operaties zijn de basis voor PILE instrukties. Parameters zoals frekwentie, klankkleur, etc. zijn niet genoemd. De beschikbare instrukties zijn verzameld in de volgende categorieën:
1. manipulatie van de accumulator
2. manipulatie van externe apparatuur
3. manipulatie van variabelen
4. manipulatie van lijsten
5. manipulatie van de volgorde van het programma

Het voordeel van deze benadering is o.a. dat men niet hoeft te werken met traditionele parameters. Het is een zeer efficiënte manier van klanksynthese. Een heel muziekstuk kan in een programma beschreven worden als één of meer algoritmes. Manipulatie in een analoge

studio is dus niet nodig. De geprogrammeerde strukturen kunnen in tijd veranderen door het programma zichzelf te laten wijzigen tijdens de uitvoering. Heel verschillende algoritmes kunnen ermee geprogrammeerd worden.

Een voorbeeld van een kompositie gemaakt met PILE is "I Never Knew You Cared" van Paul Berg.

SLOTOPMERKING

De drie bovengenoemde digitale klanksynthesesystemen zijn een greep uit de totale groep van systemen voor klanksynthese. Hopelijk geven ze, samen met de geproduceerde komposities aan, wat sommige van de muzikale mogelijkheden zijn van digitale klanksynthese.

```
        SEED
           7;
        STORE
                SAVE;
START   INIT
                REF:1
                NEW3:-1
                NEW2:-1
                NEW1:-1;
CHANGE  CHECK
                NEW2
                NCNT,-
                NEW3
                MSEL,-;
        SEL N
                B:12-15
                ST:NEW3;
        CAL
                REF:REF*2
                MASK3:REF-1
                COMP:4096-REF;
        ZERO?
                Y:END;
MSEL    SEL
                M:MASK3
                ST:MASK2;
        SEL N
                B:12-17
                ST:NEW2;
NCNT    SEL N
                B:MASK2
                ST:CNT;
        CHECK
                NEW1
                NINC,-;
        SEL
                B:8-17
                ST:MASK1;
        SEL N
                B:15-17
                ST:NEW1;
NINC    SEL
                M:MASK1
                ST:INCR;
TURN    CAL
                A:A+INCR
                MAX:4095-A;
                        NEGATIVE?
                           MAX
                           -,GOON;
                                INIT
                                  A:4095
                                  INCR:-INCR;
                                        BRANCH
                                          TO:GOON2;
GOON                    NEG?
                         A
                          -,GOON2;
                INIT
                  A:0
                  INCR:-INCR;
GOON2   CONVERT
                SEND:A
                CHANNEL:0;
        CHECK
                CNT
                TURN,CHANGE;
END     FINISH?
          EXT:SAVE;
        DECLARE
                NEW1,NEW2,MASK2,CNT,MASK1,INCR,A,MAX,REF,COMP,SAVE,
                NEW3,MASK3;
```

Fig. 2

LITERATUUR

Banks, J.D., Berg, P., Rowe, R., Theriault, D. (1979). "SSP - A Bi-parametric Approach to Sound Synthesis", Sonological Report No. 5, Instituut voor Sonologie, Utrecht.

Berg, P.(1979). "PILE - A Language for Sound Synthesis", Computer Music Journal, vol. 3, no. 1, pp.30-41.

Berg, P., Rowe, R., Theriault, D. (1980). "SSP and Sound Description", Computer Music Journal, vol. 4, no. 1.

Kaegi, Werner, and Tempelaars, Stan (1978). "VOSIM - A New Sound Synthesis System", J. Audio Eng. Soc., vol. 26, no. 6, pp.418-425.

Voordracht gehouden op 19 februari 1980 in het Natuurkundig laboratorium van de N.V. Philips te Eindhoven, tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 286), de Benelux sectie IEEE, en de Sectie Telecommunicatietechniek KIvI.

De ontwikkeling van een nieuw begeleidingssysteem voor het scheepvaartverkeer (VBS)

Ir. R.K. Bleekrode
Havenbedrijf der Gemeente Rotterdam

A description is given of the three phase development program for the realization of a vessel traffic management system for the port of Rotterdam. Phase 1 was performed during 1978, and was directed towards determination of the existing situation and the quality of the existing system. During phase 2, which is presently in progress, the detailed functional requirements for the future system will be determined. During phase 3 the necessary equipment for the future system will be procured and all activities required for the introduction of the new system will be performed. The system is described in general terms and the expected improvements are indicated.

ALGEMEEN

Als wij in de haven van Rotterdam over verkeersbegeleiding spreken bedoelen wij het gehele complex van activiteiten benodigd voor het waarborgen van een veilige en vlotte doorstroming van het scheepvaartverkeer. Een veelheid van instanties is daarbij betrokken, zowel aan de wal als op het water: loodsdiensten, walradar, patrouillevaartuigen, sleepdiensten, vastmakers, Havencoördinatiecentrum, Afdeling Gevaarlijke Stoffen, Rivierpolitie.......... De in dit geheel samenwerkende mensen met hun procedures en instrumentarium hebben wij het scheepvaartverkeersbegeleidend systeem genoemd, kortweg het VBS.

Rotterdam beschikt reeds lang over een goed functionerend VBS dat in de loop van jaren op basis van praktijk is gegroeid. De bemanning is bekwaam en treedt slagvaardig op wanneer ongewenste situaties zich voordoen. Maar de taak van het VBS wordt steeds zwaarder: schepen worden steeds groter en zijn vaak minder goed manoevreerbaar. De hoeveelheden gevaarlijke lading



nemen toe. Bovendien krijgen de potentiële gevaren van vervoer van gevaarlijke stoffen steeds meer betekenis. Dit alles leidt ertoe dat de overheid nu maatregelen moet nemen die in het verleden niet nodig waren.

Het verouderd raken van de keten van radars langs de Nieuwe Waterweg was aanleiding om afstand te nemen en het VBS in zijn geheel onder de loep te nemen. Dit gebeurde als eerste stap in de ontwikkeling van een nieuw VBS.

DE EERSTE FASE

In 1978 werd een studieprogramma uitgevoerd om diep inzicht te krijgen in de werking van het bestaande VBS. Uitgebreide metingen werden door de Dienst Verkeerskunde (DVK) van Rijkswaterstaat uitgevoerd. Alle scheepsbewegingen gedurende periodes vallend binnen de drukste uren werden in detail vastgelegd en voor de computer toegankelijk gemaakt. Er werd gemeten op de meest kritische gebieden in de haven:
- het weefgebied bij Hoek van Holland
- het Botlekgebied
- de Waalhavenmonding

Deze gebieden zijn min of meer karakteristiek voor de gehele haven.

De directe aanleiding tot de verkeersmetingen was een studie die wij aan het Instituut voor Werktuigkundige Constructies (IWECO) van het TNO hadden opgedragen. IWECO moest nagaan of een deterministisch model dat het gedrag van de scheepvaart zou nabootsen, te realiseren zou zijn. De resultaten waren zodanig dat het ontwikkelen van het model wordt voortgezet. Het ligt in de bedoeling het model als instrument te gebruiken ter ondersteuning van de verkeersbegeleiders bij het plannen van het verkeer en bij het oplossen van complexe verkeerssituaties. Tevens zal het model in een simulatieprogramma voor opleidingsdoeleinden worden opgenomen.

Een belangrijk onderzoek voor het verkrijgen van inzicht in de werking en de omvang van het bestaande VBS was het informatiestromenonderzoek dat door Raadgevend Bureau Berenschot werd uitgevoerd. Berenschot werd opgedragen alle informatiestromen in het scheepvaartgebeuren na te gaan. Uit dit onderzoek bleek dat er een gecompliceerde samenwerking tussen vele instanties bestaat. Men werkt op basis van informele en vaak stilzwijgende afspraken.

De mens/machine relatie is een vaak vergeten, maar wezenlijk element van elk systeem waarin mensen een technisch instrumentarium hanteren. Het Instituut voor Zintuigfysiologie van het TNO (IZF) deed ergonomisch onderzoek naar de taak van de radarwaarnemers. Het IZF ging tevens na welk onderzoek nodig zou zijn tijdens de verdere ontwikkeling van het VBS.

Het Nederlands Maritiem Instituut (NMI) verrichte een ongevalsanalyse om inzicht te krijgen in de ongevalsproblematiek. Met name was het nodig na te gaan welke maatregelen in de toekomst kunnen leiden tot een goede en betrouwbare registratie van ongevallen en zo mogelijk "near missers".

Een drietal technische studies werd aan Philips opgedragen. Twee daarvan, die door Hollandse Signaalapparaten B.V. werden uitgevoerd, legden de basis voor de ontwikkeling van een uniek doelvolgsysteem. Uit de onderzoeken bleek dat het mogelijk moet zijn een betrouwbaar volgsysteem te bouwen, dat niet alleen de positie van de schepen bepaalt, doch ook de hoofdafmetingen en de ligging.
Een derde onderzoek van Philips werd aan Philips Nederland B.V. opgedragen. Er moest worden nagegaan hoe radarvideo over smalle transmissiekanalen zou kunnen worden getransporteerd zonder verlies van beeldinhoud uit het oogpunt van de radarwaarnemer. In theorie moet bandbreedteversmalling mogelijk zijn omdat de informatieinhoud van het videobeeld relatief gering is (een factor van 1 : 6000). Uit het onderzoek bleek dat geen oplossingen te vinden zijn die een economische levensvatbaarheid hebben.

Sperry Systems Management moest de resultaten van al de onderzoeken tezamen brengen en de lijn voor de volgende fase van het ontwikkelingsprogramma uitzetten. Als onderdeel van deze taak werd reeds in het begin van de eerste fase een uitgebreide enquete gehouden onder alle instanties van bedrijfsleven en overheid, die bij het VBS gebeuren betrokken zijn. Nagenoeg elk van de benaderde groeperingen gaf een gedegen en deskundig antwoord op de voor hen relevante vragen. De analyse van deze antwoorden was van grote betekenis voor de ontwikkeling van het nieuwe VBS.

DE TWEEDE FASE

Met als uitgangspunt de inzichten, verworven tijdens de eerste fase, in de werking van het huidige VBS, wordt in de tweede fase de gedaante van het toekomstige systeem bepaald.
In de periode van begin 1979 tot eind 1980 wordt de opbouw van het VBS in organisatorische, operationele en technische zin in detail vastgelegd.

Als eerste stap werden de resultaten van de eerste fase geëvalueerd. Een aantal belangrijke conclusies kon worden getrokken. Het bestaande VBS blijkt onder normale omstandigheden goed te functioneren. Parool voor de toekomst moet dus zijn: breng alleen daar wijzigingen aan waar tekortkomingen zijn geconstateerd en waar een betere onderlinge afstemming nodig is. Er werden 13 problemen geconstateerd:

- Het gebrek aan een geïntegreerde organisatiestructuur heeft inefficiënties tot gevolg en kan schadelijk zijn voor de veiligheid onder abnormale omstandigheden.
- De uitwisseling en het up to date houden van informatie binnen het systeem en tussen de verschillende organisaties die bij de havenactiviteiten betrokken zijn, is niet efficient.
- Het identificeren en met de hand volgen van schepen is moeilijk en de vorm waarin de radarinformatie wordt gepresenteerd vormt een belasting voor de operator die zijn mogelijkheid om het verkeer te begeleiden vermindert.
- VHF communicatie is op sommige schepen niet aanwezig en de huidige scheepsbegeleidingskanalen zijn overbelast en worden veelvuldig misbruikt.
- Het gebied van radardekking is onvoldoende, in het bijzonder met betrekking tot de ingangen van de havenbekkens en de hoofdassen van de belangrijkste havenbekkens.
- Het systeem voor coördinatie in het gehele havengebied en het voorkomen van escalatie in het geval van noodsituaties of rampen is onvoldoende.
- De toewijzing van de havenhulpmiddelen gebeurt niet op efficiente wijze.
- Onbeloodste schepen zijn betrokken bij een onevenredig groot aantal ongelukken; loodsen kunnen echter niet altijd ter beschikking worden gesteld wanneer zij nodig zijn.
- Dichte mist verstoort het scheepvaartverkeer en vermindert de veiligheid.
- Aan sommige scheepscategorieën, in het bijzonder de binnenvaart, wordt onder bepaalde omstandigheden geen afdoende service verleend.
- Lokale congesties en ook wachttijden komen voor in kritieke gebieden en omstandigheden
- Er bestaat geen gecoördineerd plan voor het onderzoeken, ondersteunen en analyseren van de efficiency en veiligheid van de haven.
- De bestaande wetten, havenvoorschriften en beleidsprocedures zijn onvoldoende en dienen te worden herzien.

Na de evaluatie was het doel het bereiken van consensus omtrent de algemene opzet van het VBS. Onderzoek werd uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in:

- de gewenste organisatorische opzet
- de rol van het VBS bij het bestrijden van rampen
- de vormen van verkeersbegeleiding
- de "hulpmiddelen"-voorziening, d.w.z. het zekerstellen dat alle benodigde ondersteuning (loods, sleepboten, roeiers etc.) voor de schepen beschikbaar zijn.
- de gewenste opzet voor informatieuitwisseling

Bovendien werd de PTT belast met het opstellen van een communicatieplan. Ook het Christiaan Huygens Laboratorium werd bij het project betrokken voor het bepalen van de lokaties van de toekomstige radars.

Het eisenpakket voor het VBS wordt geformuleerd in een document dat "Grondslagen" wordt genoemd. Dit document is een functionele beschrijving van het gehele systeem waarin op de toekomstige werkwijze wordt ingegaan. Het tweede concept van de Grondslagen wordt momenteel in brede kring besproken. Dezelfde instanties, die tijdens de eerste fase werden geënqueteerd, zijn opnieuw benaderd. Met name wordt met operationele diensten van de overheid in detail op de Grondslagen ingegaan. Naar verwachting zal medio 1980 de definitieve versie van de Grondslagen worden geakkoordeerd. Daarmee ontstaat een basis waarop een systeem, dat de instemming van alle betrokkenen draagt, kan worden gerealiseerd.

DE DERDE FASE

In de tweede helft van 1980 zullen nadere details worden ingevuld en zullen het instrumentarium en de benodigde civiel-technische werkzaamheden worden beschreven. Eind 1980 zal volgens plan de derde fase, de systeemrealisatie,beginnen. Indien alles naar wens verloopt zal het nieuwe VBS begin 1985 operationeel worden. Het technische instrumentarium zal behoudens de PTT-leveringen, door Signaal worden gerealiseerd. Bovendien zal Signaal verantwoordelijk zijn voor het functioneren van het technische systeem als geheel.

GLOBALE OPZET

Waar VBS-taken worden uitgevoerd door instanties met een zelfstandig karakter, zoals bijvoorbeeld de loodsdiensten en de sleepdiensten, zullen geen wijzigingen worden aangebracht. Wel zullen onderlinge werkafspraken worden geformuleerd. De diensten , die speciaal met de verkeersbegeleiding belast zijn, zullen samenwerken in één organisatie, de Verkeersdienst Waterweg. Deze dienst zal een Havencoördinatiecentrum en een aantal centrales langs de Waterweg bemannen. De belang-

rijkste sensor zal een net van meer dan 20 radarinstallaties zijn. De scheepsinformatie zal met behulp van een volgsysteem automatisch in een informatieverwerkend systeem worden ingevoerd. Dit systeem zal functioneren als "data-bank" om tot een verbetering van de informatieuitwisseling van alle betrokkenen te komen.

Informatie zal aan de verkeersbegeleiders en andere functionarissen via beeldschermen zichtbaar worden gemaakt. Voor de spraakcommunicatie wordt gedacht aan een geïntegreerd systeem. Verkeersbegeleiders moeten met een druk op de knop contact kunnen leggen zonder zich af te vragen of de verbinding tot stand komt via radio, eigen telefoonlijnen, het openbare net of intercom.

Het VBS zal 10 hoofdtaken vervullen:
. planning voorafgaande aan toelating
. regelen van toelating
. toewijzing van hulpmiddelen
. scheepsbegeleiding
. verkeersbewaking
. verkeerstoezicht
. voorkoming en behandeling van gevaarljke situaties
. rapportering
. ondersteuning
. evaluatie en aanpassing

In appendix A wordt het doel van elk van deze hoofdtaken gegeven zoals in het tweede concept van de Grondslagen is geformuleerd.

Wat hopen wij te bereiken?
Als aan de verwachtingen wordt voldaan wordt in de komende jaren een systeem gerealiseerd dat zich kenmerkt door de volgende verschillen ten opzichte van het bestaande VBS.

- verbetering van de planning van zee- en binnenvaart
- toename van het aantal schepen dat begeleiding krijgt of kan krijgen
- meer, tijdiger, en overal beschikbare begeleidingsinformatie
- vollediger verkeersbeeld ten opzichte van elk te begeleiden schip, ook in de havenbekkens
- verbeterde mogelijkheden voor het scheppen van voorwaarden voor een veilige en vlotte vaart, nadat toestemming voor deelname aan het verkeer is verleend
- meer scheepsbegeleiding vanaf de wal in aanvulling op en ter ondersteuning van de loodsen
- verbeterde lokaal geörienteerde en gecoördineerde dienstverlening, ook in de havenbekkens
- duidelijker beleidsondersteuning vanuit de bestuurlijke organisatie
- regulering van de eerstehulpactie, verificatie en coördinatie met diensten buiten VBS in noodgevallen
- grotere eenduidigheid van dienstverlening aan gebruikers en derden
- vereenvoudigen van informatie- en communicatiestromen en gegevensvastlegging
- meer automatisch beschikbare statistische informatie en rapportering over de scheepvaart en functionering van het systeem.
- regelmatiger en systematischer evaluatie, onderhoud en aanpassing van het systeem

Maar: "THE PROOF OF THE PUDDING IS IN THE EATING".

Utrecht, 14 april 1980

APPENDIX A

Operationele omvang

Het VBS zal om een efficient en veilig verkeer van schepen in de vaarwegen en de havens te bevorderen
- het efficiënte gebruik van hulpmiddelen plannen (bijvoorbeeld loodsen, loodsboten, sleepboten, roeiers, ligplaatsen)
- de toelating van schepen tot het verkeer regelen op grond van de beschikbare hulpmiddelen, bevredigende verkeersomstandigheden en de naleving van de voorschriften
- schepen informeren, adviseren en instrueren om een veilige doorvaart te verzekeren
- alle gegevens verstrekken die nodig zijn voor efficiënte en veilige verkeersbegeleiding
- hulpmiddelen en diensten coördineren in geval van nood
- het communicatiesysteem onderhouden (telefoon, datalijnen, VHF) voor de uitwisseling van informatie en gegevens aan instanties binnen en buiten het VBS
- de VBS centrales, sensoren en alle verbindende netwerken onderhouden en bedienen
- evaluaties van havenactiviteiten en het functioneren van het VBS beoordelen en publiceren, evenals aanbevelingen voor verbeteringen in procedures, apparatuur, wettelijke voorschriften en bepalingen
- het trainingsprogramma voor het personeel van het VBS onderhouden.

Doel van de hoofdtaken

Planning voorafgaande aan toelating. Het doel van deze taak is het voorbereiden van een veilige en snelle toelating van schepen tot de verkeersstroom.

Regelen van toelating. Het doel van deze taak is onnodige stremming alsmede andere ongewenste situaties te voorkomen en de veilige en efficiente vaart van schepen te bevorderen door de toelating van schepen tot de verkeersstroom te regelen op een volledige, degelijke en eenvoudig te begrijpen wijze.
De toelating van alle schepen zal worden geregeld, maar formele verzoeken om "clearance" zullen niet van de schepen gevraagd worden. Het toelatingsproces zal eindigen met een beslissing en een duidelijke wijziging in de verhouding tussen schip en VBS. Het proces en de verhoudingen met het VBS na de toelating worden beïnvloed door een verscheidenheid aan factoren, inclusief de gebruikte toelatingsprocedure.

Toewijzen van hulpmiddelen. Het doel van deze taak is het plannen en toewijzen van hulpmiddelen die nodig zijn voor schepen die van het VBS gebruik maken. De belangrijkste hulpmiddelen bestaan uit loodsen, patrouilleboten, sleepboten en roeiers.

Scheepsbegeleiding. Het doel van deze taak is informatie, advies en instructies te geven om individuele schepen bij te staan die in het werkingsgebied varen en om de vaarplannen van die schepen waar nodig bij te stellen. Dit zal de gezagvoerder helpen bij een veilige en vlotte vaart.
Elke output, in het bijzonder bijstellingen in vaarplannen, waarmede deze taak een individueel schip voorziet, zal altijd worden vergeleken met de plannen en verlangens van alle andere schepen in het werkingsgebied en met het aan deze schepen gegeven advies. Derhalve zal ieder advies of iedere instructie, welke door deze taak wordt gegeven, zowel het hele verkeer als het geadviseerde schip ten goede komen.

Verkeersbewaking. Het doel van deze taak is een beeld te ontwikkelen van de verkeerssituatie door het blijven volgen van alle schepen die zich in het werkingsgebied bevinden. Informatie over scheepsposities en -bewegingen is noodzakelijk voor het inzicht in de huidige en toekomstige verkeerssituatie. Dit inzicht is nodig voor het plannen en toewijzen van hulpmiddelen, voor het beheersen van het normale scheepsverkeer en voor het gecoördineerd aanpakken van noodsituaties.

Verkeerstoezicht. Het doel van deze taak is te verzekeren dat een efficient totaal verkeersbeleid plaatsvindt met een effectieve samenwerking tussen verschillende VBS taken en werkzaamheden.

Voorkoming en behandeling van gevaarlijke situaties. Het doel van deze taak is gevaarlijke situaties te voorkomen door strak toezicht te houden op gevaarlijke ladingen en, wanneer een incident plaatsvindt, mensenlevens te beschermen en escalatie van het ongeluk te voorkomen.

Rapportering. Doel van deze taak is het uitbrengen van statistische rapporten en beschrijvingen van incidenten hetgeen als hulpmiddel kan dienen in de analyse van de havenactiviteiten, van het functioneren van het VBS en van individuele incidenten.

Ondersteuning. Het doel van deze taak is te verzekeren dat het VBS continu ter beschikking staat voor de vervulling van zijn functie, door middel van een programma voor personeelstraining, onderhoud van apparatuur en logistiek. De genoemde apparatuur is de technische hardware van het VBS èn de hierop betrekking hebbende documentatie, maar heeft geen betrekking op onderhoud en ondersteuning van materieel als patrouilleboten, loodsboten en boeien.

Evaluatie en aanpassing. Deze taak bestaat uit twee onderling verbonden doelstellingen: ten eerste continue evaluatie van het systeem teneinde de behoefte te bepalen om het systeem aan te passen; ten tweede om die systeemwijzigingen die zijn goedgekeurd in te passen zonder de VBS-diensten te onderbreken.

Voordracht gehouden op 14 april 1980 in het PTT vergadercentrum te Utrecht, tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 287) de Benelux sectie IEEE, en de sectie voor Telecommunicatietechniek KIvI.






NEDERLANDS ELECTRONICA EN RADIO GENOOTSCHAP
(288ste werkvergadering)
SECTIE VOOR TELECOMMUNICATIETECHNIEK, K.I.v.I.
BENELUX SECTIE IEEE

UITNODIGING

voor de vergadering op donderdag 8 mei 1980, bij Hollandse Signaalapparaten B.V., Hengelo (O).

ONDERWERP LUCHTVERKEERSGELEIDING

PROGRAMMA:

10.15 uur	Ontvangst en koffie
10.30 uur	Ir. M. Staal (Directie Hollandse Signaalapparaten B.V.) "Welkomstwoord en Inleiding"
10.45 uur	F.A. van Haaff "Long Range Radar & Display, LORADS"
11.30 uur	Film "Cleared to Proceed"
11.50 uur	F.H. de Haan "Video-extractie"
12.45 uur	Koffiemaaltijd in het restaurant "de Zegger, aangeboden door de Directie van Hollandse Signaalapparaten B.V.
14.15 uur	Ir. J. Gietema "Beeldschermen"
15.00 uur	Film "ASDE Schiphol"
15.15 uur	Demonstratie experimentele beeldkast
16.00 uur	Sluiting

Het programma beoogt het geven van de technische achtergronden van een modern luchtverkeersleidingsysteem zoals dit onlangs in Singapore in gebruik is genomen.

Bovengenoemde inleiders zijn allen werkzaam bij Hollandse Signaalapparaten B.V.

Na elke inleiding zal er gelegenheid zijn voor discussie.

Voor degenen, die per trein reizen, zal aan het station Hengelo (O) een bus gereed staan, welke om 10.00 uur vertrekt naar het fabriekscomplex aan de Zuidelijke Havenweg 40.

Automobilisten wordt aangeraden om bij nadering van Hengelo (O) de richtingsborden "Industrieterrein Zuid" te volgen en zich te melden bij de Toegangsloge, waar men U zal inlichten over parkeerplaats en plaats van vergadering. U wordt verzocht daarbij deze uitnodiging te tonen.

Om organisatorische redenen moet het aantal deelnemers tot 80 worden beperkt. Men dient zich daarom aan te melden onder gebruikmaking van aangehechte kaart, te frankeren met 45 cent, welke donderdag 1 mei 1980, in ons bezit moet zijn.

Voorts wordt aan hen, die zich wel opgaven maar die achteraf niet kunnen komen, dringend verzocht dit telefonisch te melden aan de afdeling Publiciteit van Hollandse Signaalapparaten: 074-48.26.97.

Laren, N.H., maart 1980

Namens de samenwerkende verenigingen,
Ir. W. Lulofs

CONSULTANCY TEN BEHOEVE VAN WALRADAR SYSTEMEN

Prof.Ir. E. Goldbohm
Christiaan Huygenslaboratorium B.V.

Consultancy for Marine Traffic Systems. To exemplify the progress during the last three decades, of Marine Traffic Systems in W. Europe, six phases of significant technical improvements will be defined. These should substantiate the observation, that a growing need for better assistance and control of ships in busy and complicated fairways has been met by increasing sophistication of electronic technology. Notably the trend towards a 24 hrs/day service should be benificial to both the port and its users alike. Only through modern sensors, elaborate data collection and distribution systems and efficient management can an expedient and safe flow of high density traffic of fast and often large and sluggish ships with sometimes dangerous cargos, still be mastered. The contribution and services rendered by a Marine Traffic Consultant will be discussed. Some problem areas will be indicated.

INLEIDING.

De Oxford dictionary zegt dat :
"A consultant is one, who gives professional advice to the public (and authorities) or to those practically engaged in his own profession".

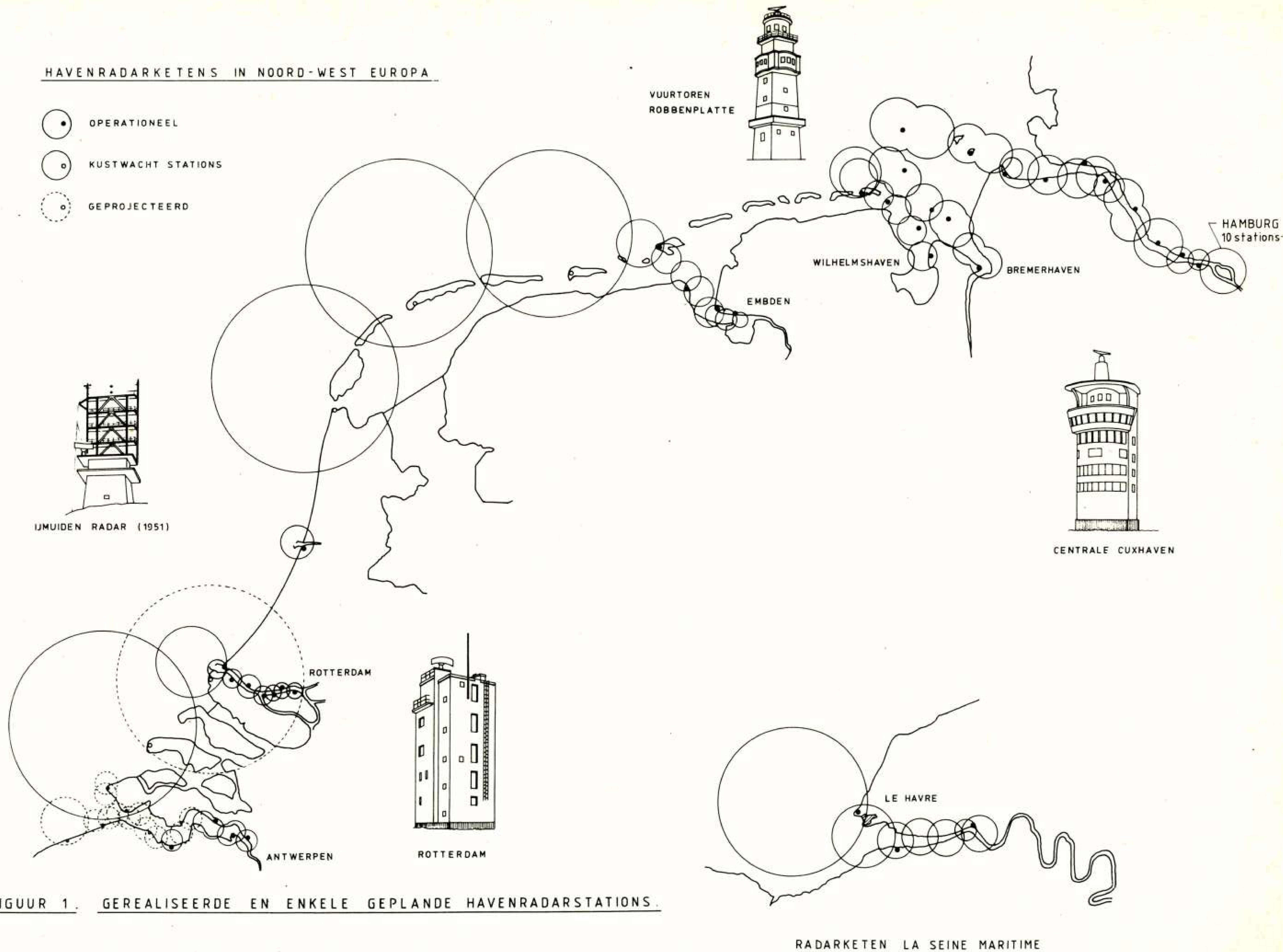
Het verschil tussen het adviseursschap zoals hierboven bedoeld en het onze is dat wij niet kunnen volstaan met het toepassen van onze parate deskundigheid op de realisatie van nieuwe projecten, maar dat operationele eisen meestal leiden tot nieuwe technische ontwikkelingen, die getoetst dienen te worden m.b.v. experimenten. De noodzakelijke vernieuwingen komen dus voort uit de operationele studie. De behoefte aan Verkeers Begeleidings Systemen is 32 jaar geleden ontstaan, toen onder auspiciën van de toenmalige Staatscommissie "Electronische Hulpmiddelen voor de Navigatie" de wens naar voren kwam een tweetal havenradarsystemen voor de begeleiding van de scheepvaart (zee) bij slecht zicht te realiseren en met name voor IJmuiden en de Nieuwe Waterweg. Het opzetten van zulke systemen vereist een multidisciplinaire aanpak. Slechts door overleg met alle betrokkenen en coordinatie van kennis en inbreng der partijen, kan een goed resultaat worden verkregen.

Ons werd destijds opdracht gegeven een cahier de charge van bedoelde systemen op te zetten. (Het Christiaan Huygenslaboratorium, sinds 1967 een zelfstandige B.V., maakte destijds deel uit van het Nederlands Radar Proefstation).
Enerzijds ligt hier de nadruk op navigatie problemen waarbij de gesteldheid van het vaarwater, de grootte en manoeuvreerbaarheid van de schepen, de plaatsbepaling en de beloodsingsprocedure een rol spelen.

Anderzijds is het belang van een gedegen en up to date kennis van de technische hulpmiddelen evident.
Meestal zal een creatieve inzet gevraagd worden voor de ontwikkeling van nieuwe technieken.
Uit de studie kon een inzicht worden verkregen t.a.v. de geboden veiligheid, zoals deze voortvloeit uit een risico analyse, de ergonomie, de economie bezien door de optiek van zowel het havenbeheer als de reder, stuwadoor etc.

Wij gingen er van meet af aan vanuit, dat "feasibility" studies, contacten met fabrikanten en ervaringen in het buitenland opgedaan, zouden moeten worden aangevuld met de ontwikkeling van nieuwe technieken, omdat de toen beschikbare middelen (scheepsradar) geheel ontoereikend bleken. Ook de Nederlandse industrie kon hier nog niet op ervaring met walradarsystemen bogen.
Uit onderzoek en overleg met de Amsterdamse en Rotterdamse radar commissies en met het loodswezen kwam naar voren, dat met name de resolutie van het radarbeeld, de grootte van de schaalafbeelding en de nauwkeurigheid van de meetmiddelen een aanzienlijke verbetering behoefde.
Een getalsmatig overzicht is gegeven in Tabel I, terwijl de zes fasen van deze ontwikkeling hierna worden besproken en in Figuur 2 worden geillustreerd.
Figuur 1 laat de gerealiseerde en enkele geplande haveradarstations zien.

Voordracht gehouden op 14 april 1980 in het PTT vergadercentrum te Utrecht, tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 287) de Benelux sectie IEEE, en de sectie voor Telecommunicatietechniek KIvI.

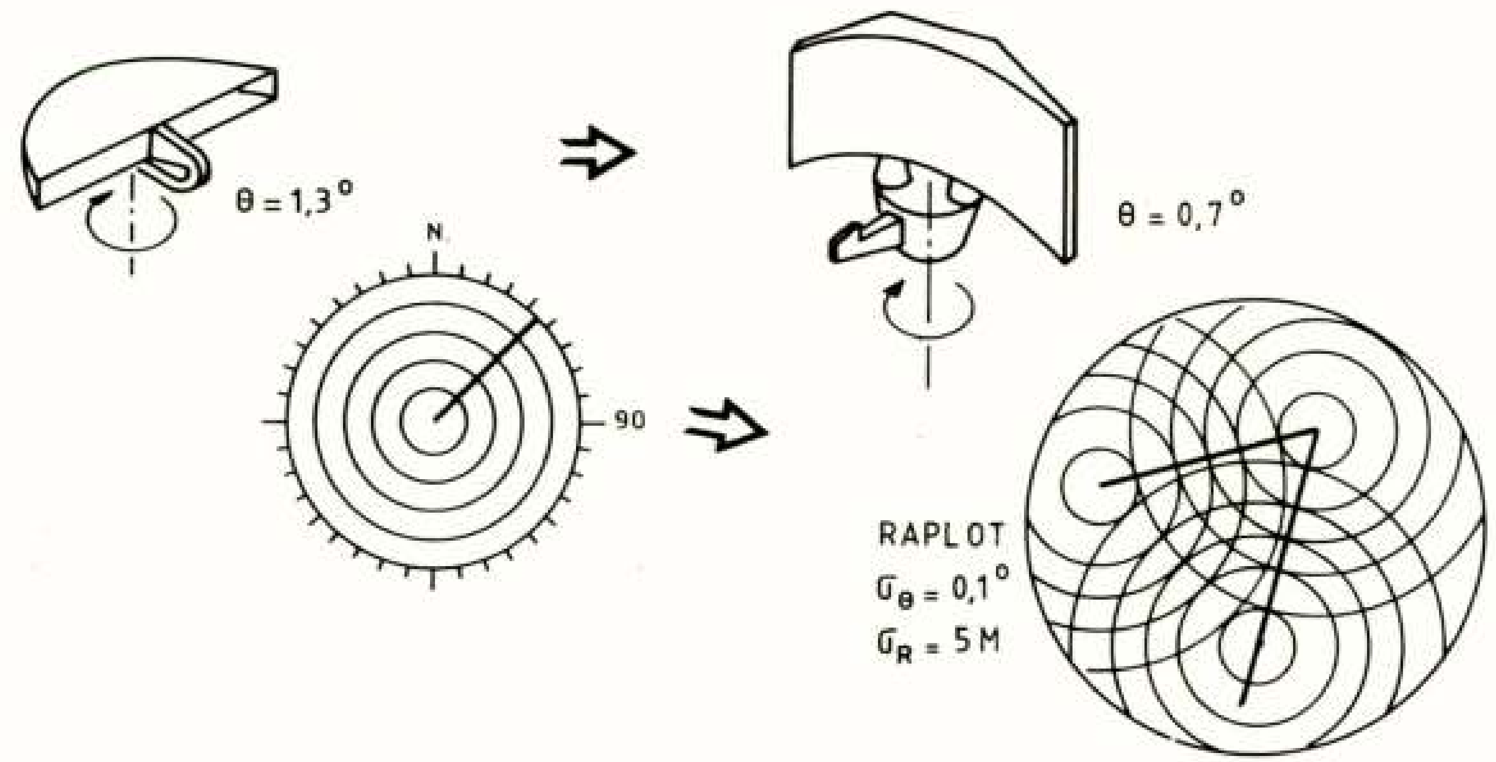


FIGUUR 1. GEREALISEERDE EN ENKELE GEPLANDE HAVENRADARSTATIONS.

FASEN IN DE ONTWIKKELING VAN EUROPESE HAVENRADAR SYSTEMEN

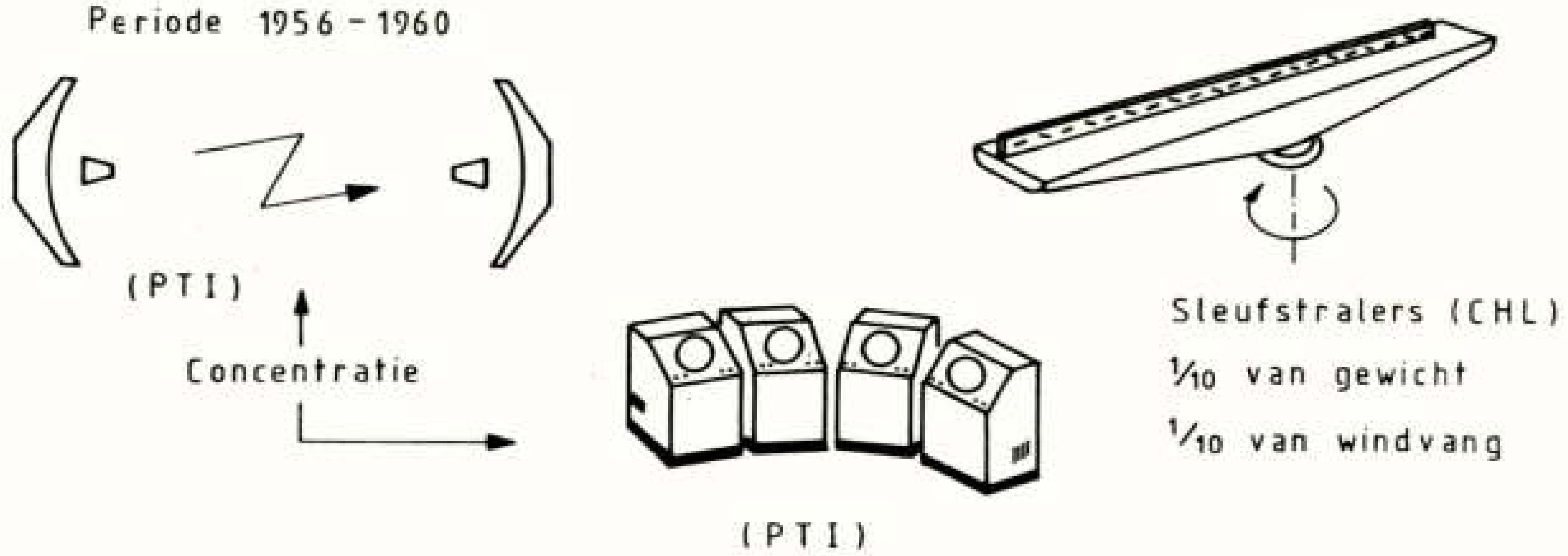
VERBETERING VAN MEETMIDDELEN, NAUWKEURIGHEID EN RESOLUTIE (CHL)

Periode 1948 - 1956



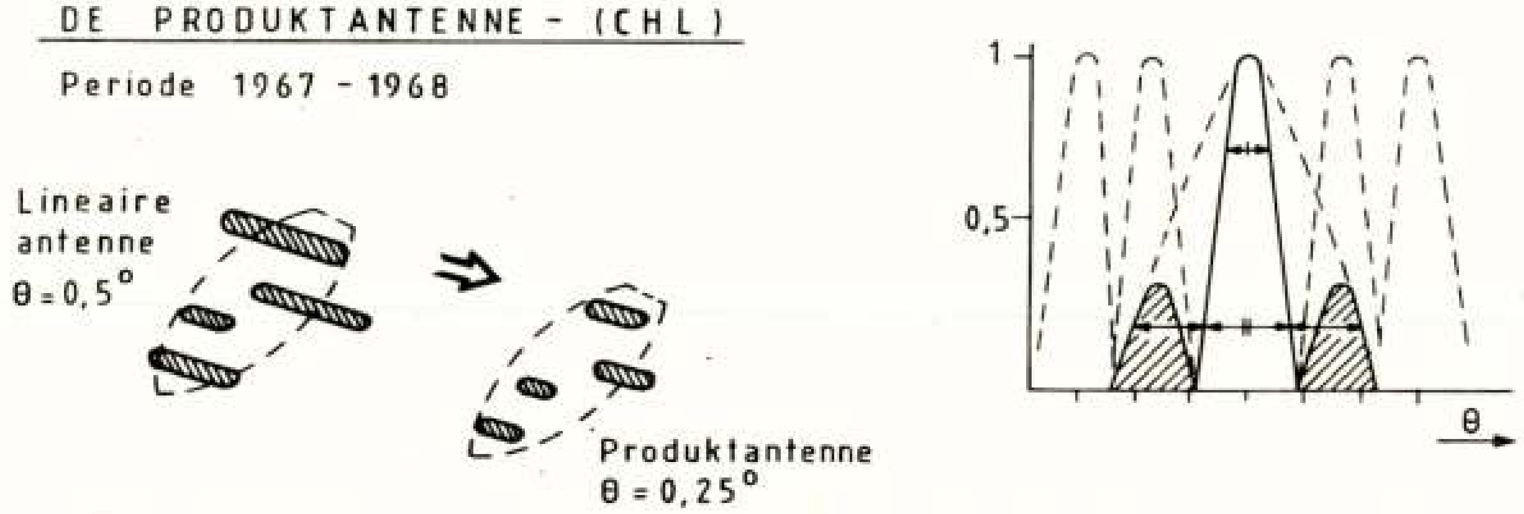
VERBETERING VAN DE INFRASTRUKTUUR EN CONCENTRATIE VAN INFORMATIE

Periode 1956 - 1960



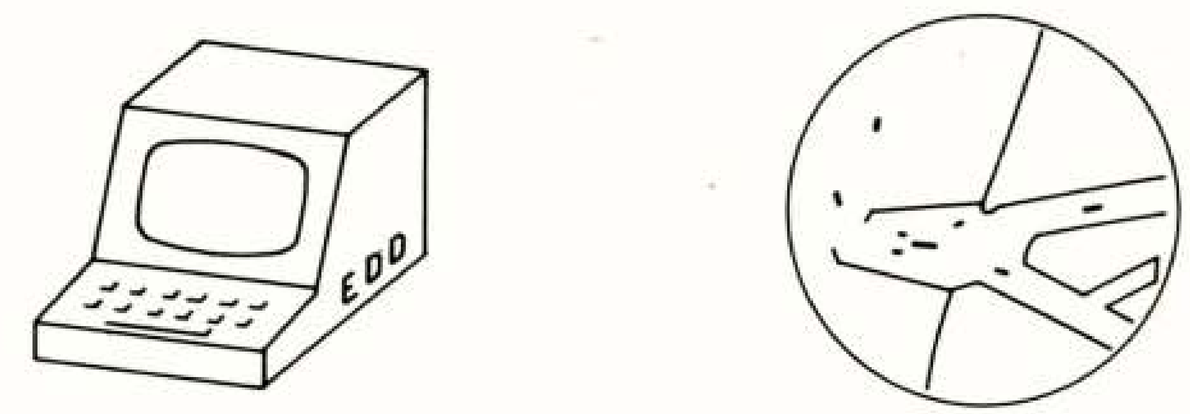
VERBETERING CONTOUR VAN DE RADARECHO VAN EEN SCHIP DE PRODUKTANTENNE - (CHL)

Periode 1967 - 1968



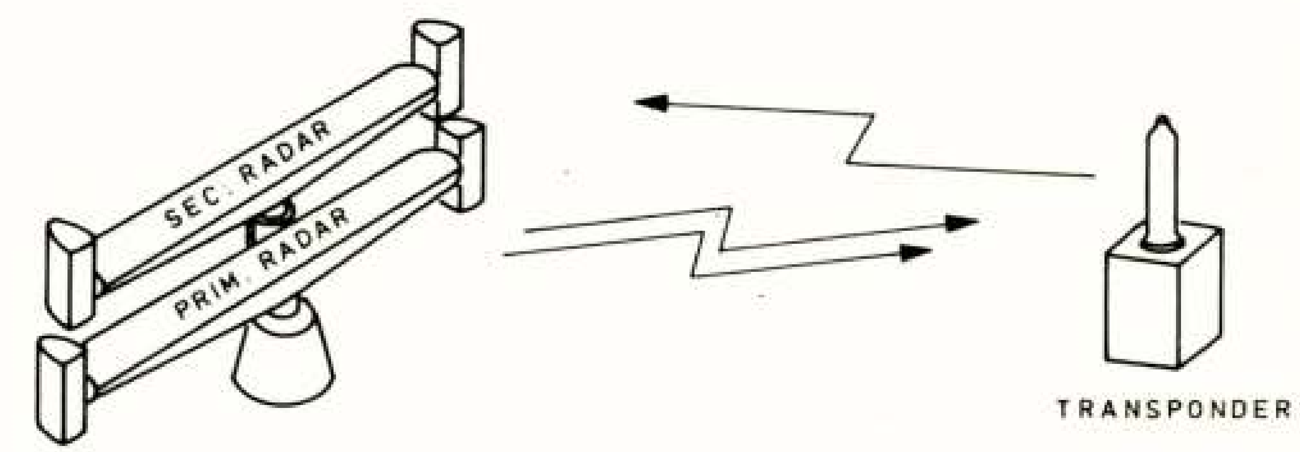
VERDERE VERBETERING VAN INFORMATIEVERWERKING EN DAGLICHTSCHERMEN (CSF)

Periode 1973



AUTOMATISERING VAN DE POSITIE INFORMATIE VAN ZEESCHEPEN MET POSITIEVE IDENTIFICATIE (CHL - SIGNAAL)

Periode 1968 - 1972



AUTOMATISERING VAN DE POSITIE-INFORMATIE VAN ZONODIG ALLE SCHEEPVAART (SIGNAAL) BETERE CONCENTRATIE EN HERDISTRIBUTIE VAN INFORMATIE

Periode 1973 -



FIGUUR 2. DE ZES FASEN IN DE ONTWIKKELING VAN EUROPESE HAVENRADARSYSTEMEN

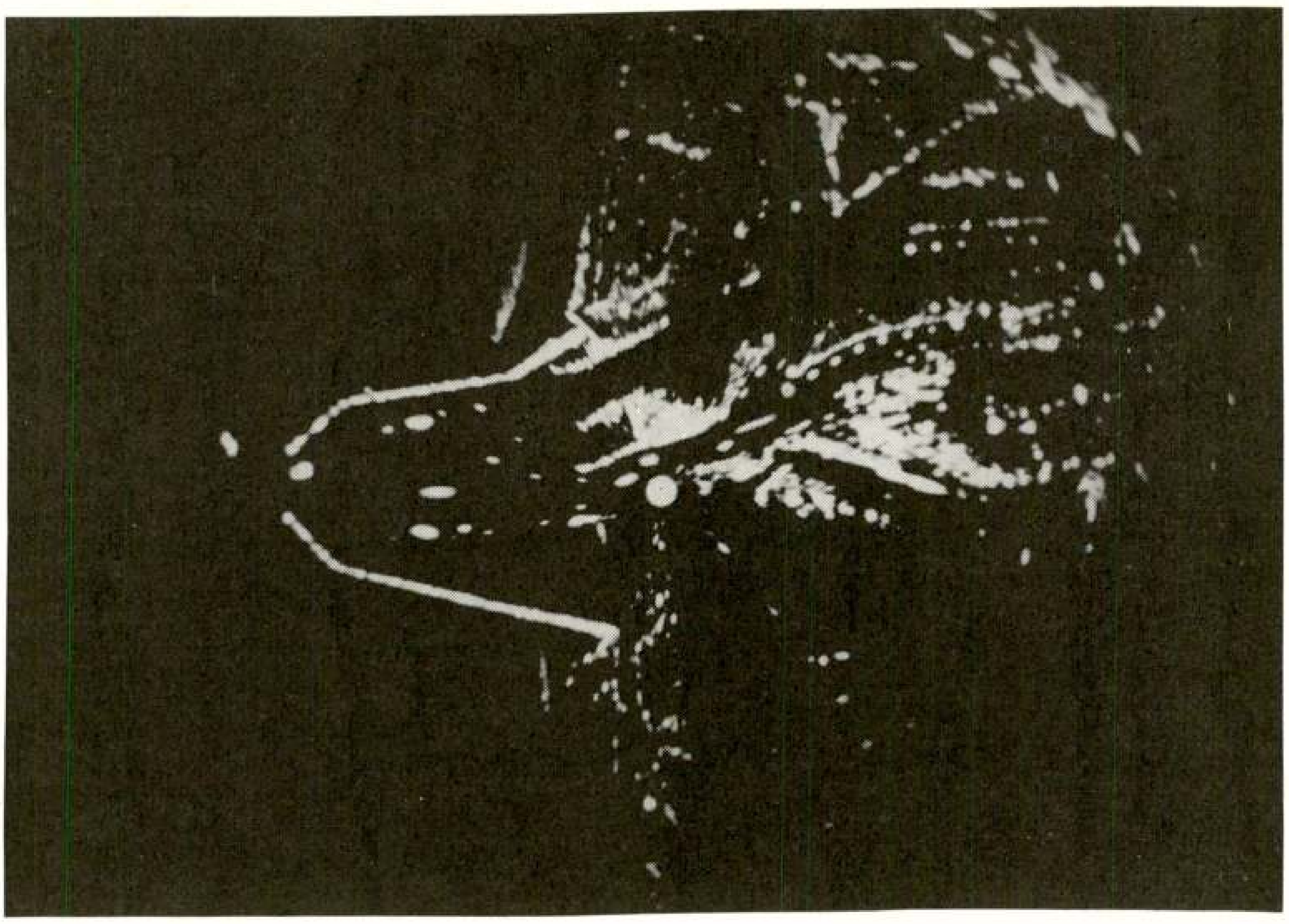
VERBETERING VAN MEETMIDDELEN, NAUWKEURIGHEID EN RESOLUTIE.

De beste Koopvaardij Radars die in 1948 beschikbaar waren, hadden ontoereikende specificaties (zie Tabel I en foto's Figuur 3 en 4).

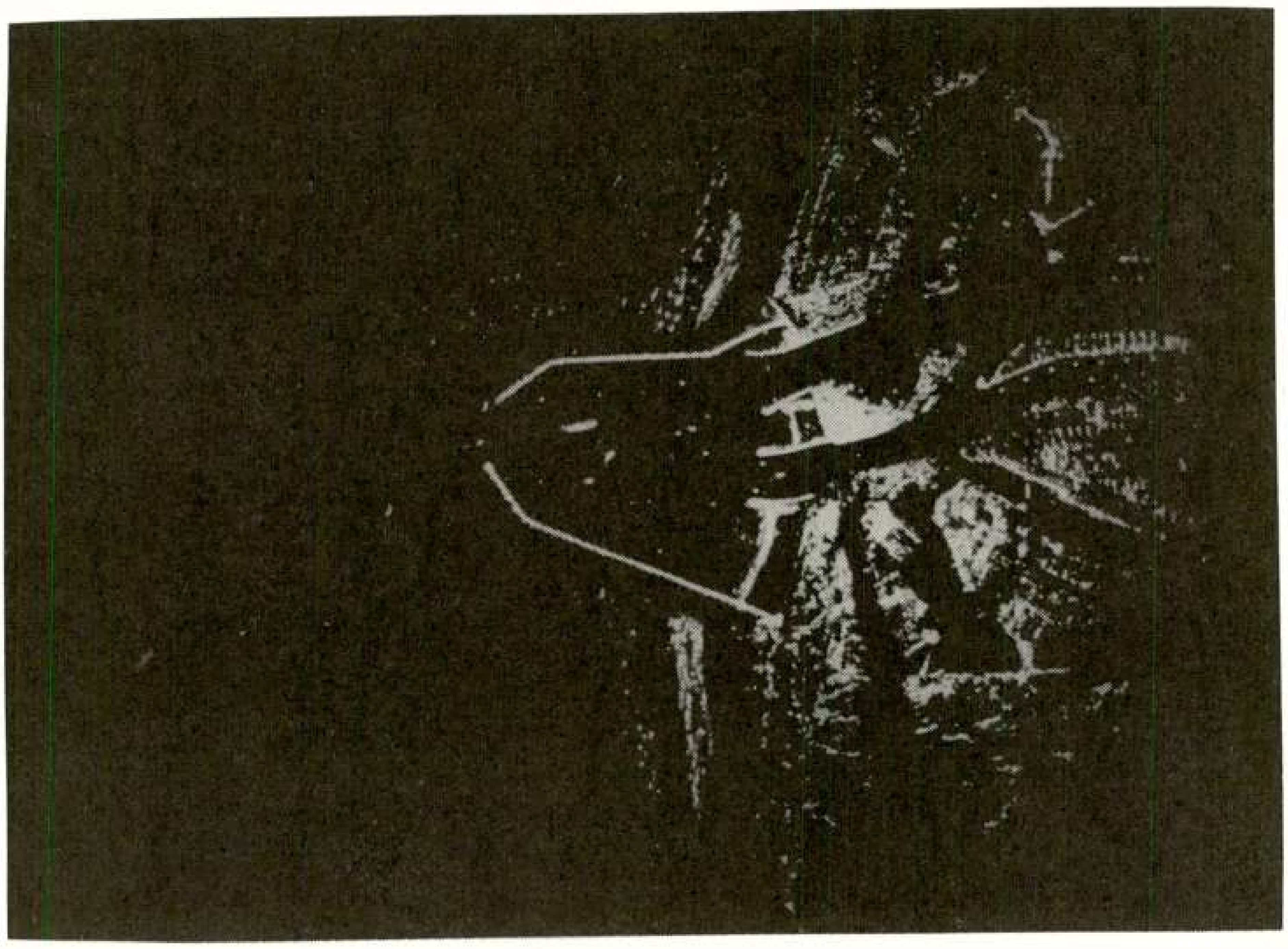
Overzicht van technische verbeteringen van Havenradar Systemen.

	Beste Koopvaardij Radar 1948.	Havenradar 1950-1956. (IJmuiden & Nieuwe Waterweg)	Havenradar 1958-1960. (Elbe, Weser, Ems)	Elbe (3x), Hoek van Holland (1x), W. Schelde (3x) 1967.
Maximale Display Diameter.	9"	15"	16"	ditto.
Afbuiging van tijdbasis.	Draaiende spoel om nek van K.S.B. m.b.v. synchro.	Vaste spoelen (3 fasen) Afbuigstroom door antenne synchro.	Vaste spoelen (2 fasen) Met 4 afbuigversterkers en antenne synchro.	ditto.
Decentrering van beeld.	Onmogelijk.	Ja, tot ½ diam. PPI.	Ja, ½ diam.	ditto.
Aflezing van peiling.	Draaibare gegraveerde schijf met randverdeling (parallax).	Raplot Systeem. Synthetica : peillijn, lichtelijnen door superpositie d.m.v. nalichting van scherm.	Interscan Systeem. Idem, synthetica continue geschreven.	ditto.
Aflezing van afstand.	Calibratie ringen met interpolatie.	Variabel afstandsmerk op peillijn.	Variabel afstandsmerk op peillijn.	ditto.
Nauwkeurigheid peiling.	1,5 - 2 graden.	0,11 graden (σ) na ijking.	0,2 graden.	ditto.
Nauwkeurigheid afstand.	1,5% van gemeten afstand.	5 meter (σ) na ijking.	0,25% + 20 meter.	ditto.
Oplossend vermogen : - in hoek. - in afstand.	 1,5 graden. 30 meter.	 0,7 graden. 15 meter.	 0,36 - 0,55 graden. 10 meter.	 0,25 graden. 10 meter.
Antenne type.	Kaas Antenne.	Reflector (Parab.cyl.)	Sleufstraler Antenne.	Produkt Antenne.
Bundelbreedte ; Bijbundels.	$1,3^{0}$; -23 dB.	$0,7^{0}$; -27 dB.	$0,36^{0}/0,55^{0}$; -30 dB.	$0,25^{0}$; -28 dB.
Flanksteilheid $\frac{\theta_{-20\ dB}}{\theta_{-3\ dB}}$		2,5	2,3	2,0
Antenne afmetingen.	1,80 x 0,45 x 0,15 mtr.	3,80 x 2 x 1,80 mtr.	6,40 x 0,40 x 0,40 mtr. -of- 4,40 x 0,40 x 0,40 mtr.	5 x 0,40 x 0,70 mtr.
Antenne windweerstand. (bij wind 120 km/uur)	--	500 kg	46 kg	100 kg
Gewicht Antenne + Aandrijving.	--	1100 kg	150 kg	190 kg
Motor vermogen.	--	1,5kW	0,35 kW (0,15 kW opgenomen)	0,6kW (0,25 kW opgenomen)

Tabel I. Overzicht van technische verbeteringen van Havenradar Systemen.



Figuur 3. IJmuiden. Koopvaardij Radar 1948.



Figuur 4. IJmuiden. 1e Haven Radar 1951.

Na een uitvoerig onderzoek bleek, dat parallax en tijdbasis lineariteitsfouten het onmogelijk maakten de beoogde nauwkeurigheid te bereiken. Daarom werden electronische meetmiddelen, die wij de naam RAPLOT gaven, ontwikkeld. Hierbij werden vaste i.p.v. draaiende afbuigspoelen voor de tijdbasis van de PPI gebruikt; door externe circuits konden beeld en synthetica omgeschakeld worden (doormiddel van voetschakelaar).

Superpositie van beide resulteerde, doormiddel van nalichting van de K.S.B., in zeer nauwkeurige metingen en wel omdat beide circuits electronisch geheel equivalent waren.

Door wijlen Heer Verstelle van het Bureau Hydrografie werd de nauwkeurigheid met vele metingen statistisch geëvalueerd (zie Tabel I).

Hiermede was blijkbaar het optimum voor PPI metingen verkregen.

Het is in moderne radar nooit overtroffen.

Resolutie.

Het oplossend vermogen werd eveneens aanzienlijk verbeterd. De resolutie cel werd viermaal kleiner (zie Tabel I).

In 1951 werd IJmuiden Radar, in 1956 de Radarketen langs de Nieuwe Waterweg, met soortgelijke apparatuur, in gebruik gesteld. De totstandkoming werd gerealiseerd door Philips Telecommunicatie Industrie, Van Der Heem, Rademakers, Bronswerk en Christiaan Huygenslaboratorium B.V. De radarketen Waterweg is na 24 jaar nog steeds in gebruik.

De volgende fase van verbeteringen werd door een nieuw stel operationele eisen ingeluid.

Duitsland.

In 1952 verzocht n.l. de Duitse regering de Nederlandse Minister voor Verkeer en Waterstaat toestemming te verlenen ook in West Duitsland soortgelijke systemen te realiseren.

N.B. Voor de West Duitse industrie gold toen nog een verbod op de produktie van radarsystemen.

Het Nederlands Radar Proefstation werd opgedragen een plan te ontwerpen voor radarketens langs de Elbe, Weser en later de Ems.

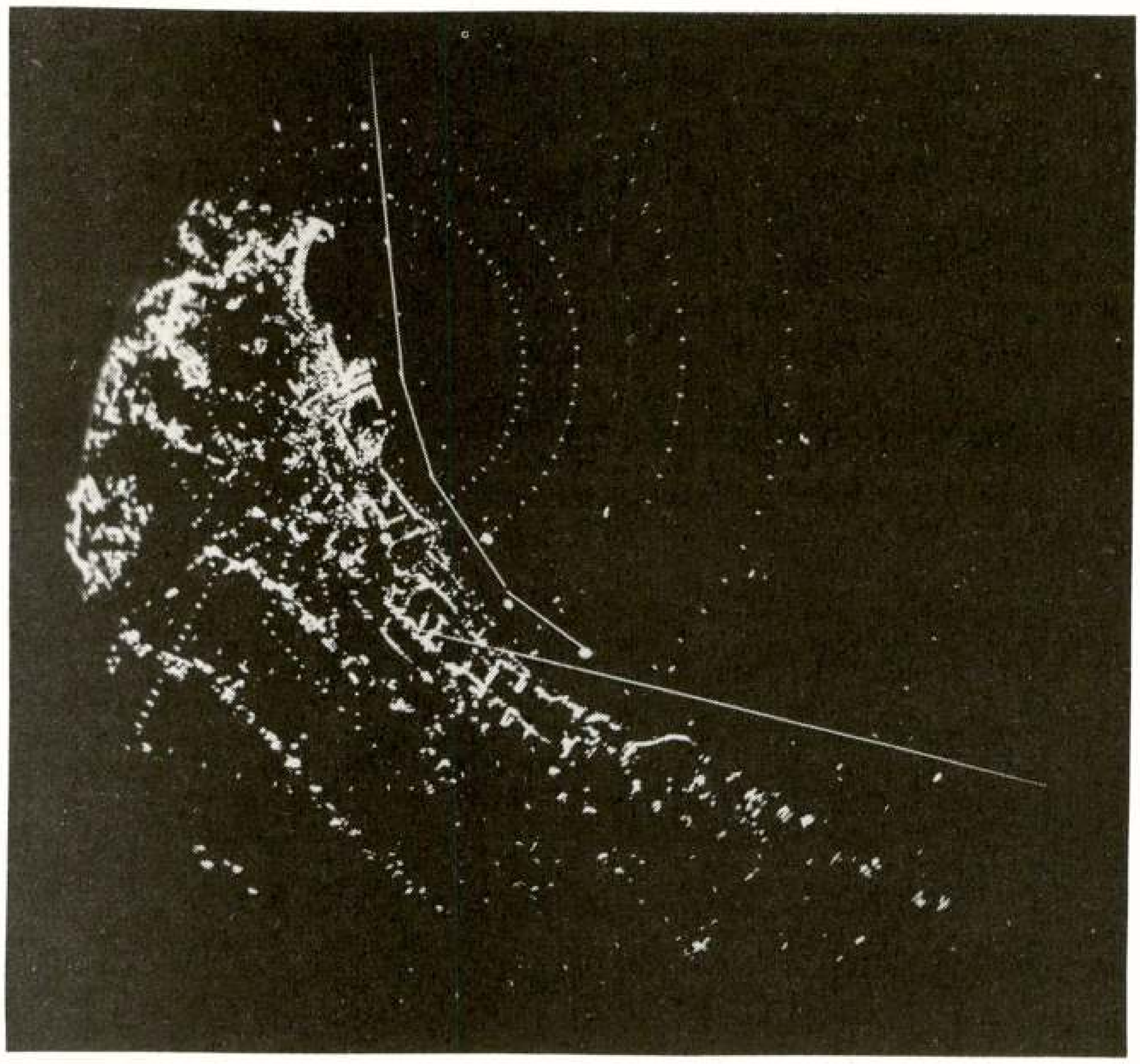
VERBETERING VAN DE INFRASTRUCTUUR, CONCENTRATIE VAN DE INFORMATIE.

Dit leidde tot uitvoerige proeven gedurende 5 jaar met twee (door ons gebouwde) radarsets, te weten in Cuxhaven (01-11-1953), Brunsbüttel (01-05-1954) en later in Weddewarden (Weser).

Het opgestelde bestek stelde, dat :

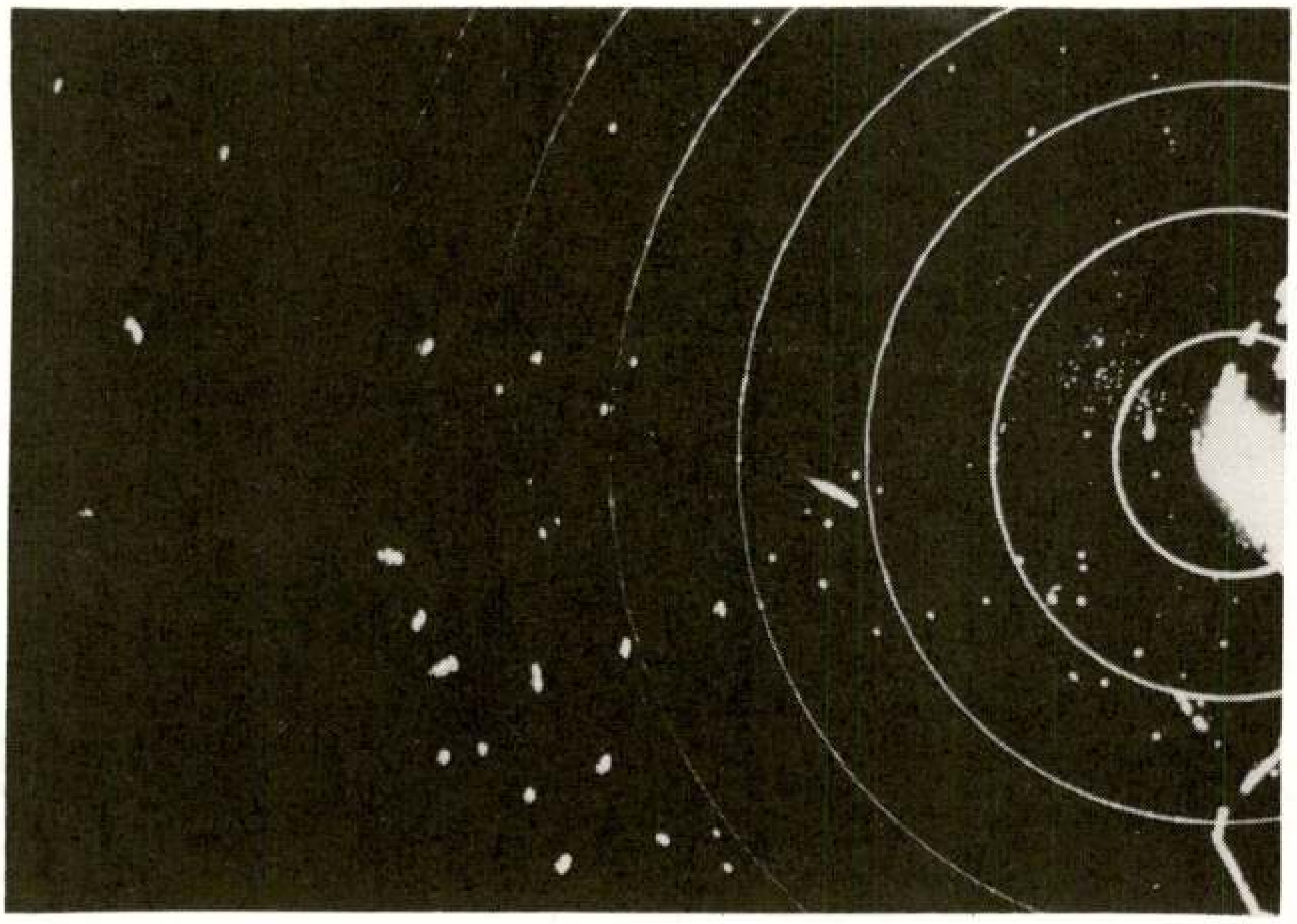
a) omschakeling van radarbeeld op synthetica electronisch en continue moest gebeuren (foto Figuur 5).
b) voor onbemande radarstations (o.a. vuurtorens) een breedbandige straalverbinding voor het radarbeeld en een smalbandige straalverbinding voor metingen en afstandbediening noodzakelijk zou zijn.
c) voor de fragiele glaskoepels van de vuurtoren antennes met lager gewicht en minder windvang ontwikkeld moesten worden (zie Tabel I).
d) de verkeersleiding in twee centrales Cuxhaven en Brunsbüttel, langs de Elbe en in Bremerhaven langs de Weser, geconcentreerd moest worden.

De ontwikkeling ten behoeve van a), b) en d) werd door Philips Telecommunicatie Industrie verricht, terwijl het Christiaan Huygenslaboratorium sleufstraler antennes ontwikkelde, die volledig aan de eisen genoemd onder c) voldeden (zie Tabel I).

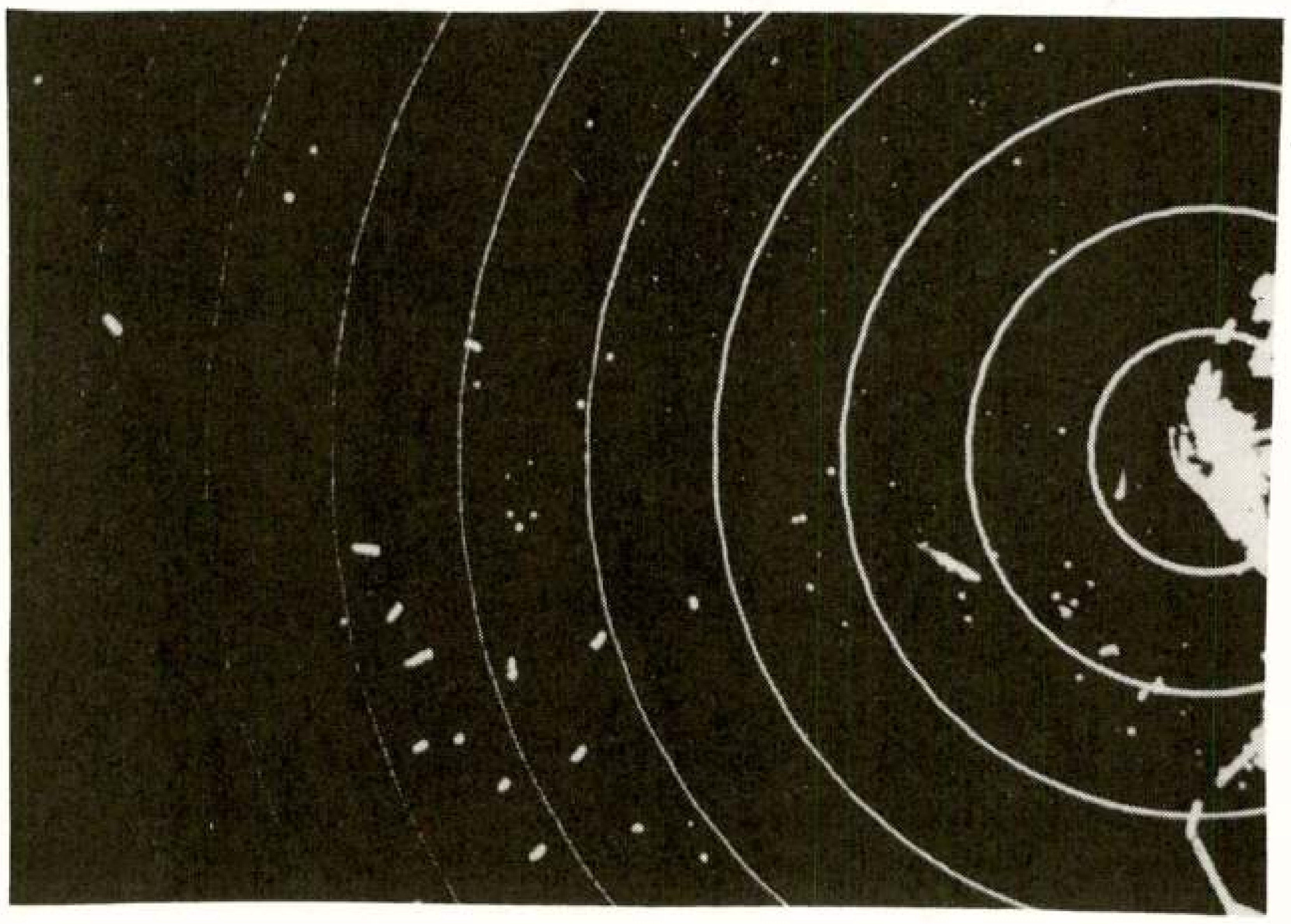


Radarstation Cuxhaven.

Figuur 5. Omschakeling van radarbeeld op synthetica electronisch en continu.



Figuur 6a. Rede van Le Havre, Lineaire Antenne, Passagiersschip "France".



Figuur 6b. Rede van Le Havre, Produkt Antenne, Passagiersschip "France".

Later werd op initiatief van de Duitse authoriteiten zelf het nog ontbrekende stuk langs de Elbe van Brunsbüttel - Hamburg aangevuld met 2 stations, gebouwd met de lab. modellen van de industrie en antennes van CHL. De afstand tussen de stations was echter te groot gekozen en de resolutie, en dus de scheepsbegeleiding, bleek onbevredigend. Levering door Philips dochter Elektro Spezial, PTI, Rademakers, Bronswerk en CHL.

VERBETERING VAN DE CONTOUR VAN DE ECHO.

Produkt Antennes.

Het Christiaan Huygenslaboratorium had inmiddels een zogenaamde niet-lineaire produkt antenne ontwikkeld, die met behoud van de afmetingen van de sleufstralers, door combinatie van een normale sleufstraler en een interferometer antenne, halvering van de bundelbreedte mogelijk maakte. Zodoende konden de eisen van genoemde stations Elbe met twee produkt antennes toch nog worden bevredigd, terwijl tevens aan de eisen genoemd onder c) kon worden voldaan (zie ook bovenstaande fotos, Figuur 6a en 6b van Le Havre).

VERDERE VERBETERING VAN DE INFORMATIE VERWERKING. DAGLICHT DISPLAYS.

Frankrijk.

In Frankrijk verrichtten wij surveys langs de Seine

(1964), in Le Havre (1967), Marseille, Golf de Fos en op Ile de Planier met onze mobiele radar.
Op sommige stations (driemaal) werd eveneens $0,25^{o}$ bundelbreedte vereist. De Fransen gaven de voorkeur aan lineaire sleufstralers die derhalve een spanwijdte van 9,50 mtr. kregen. Deze werden speciaal door Christiaan Huygenslaboratorium ontwikkeld. Levering vond plaats door Elektro Spezial, Christiaan Huygenslaboratorium, Rademakers, Bronswerk (Seine, Gironde) en C.S.F. Thomson Houston (Le Havre, Golf de Fos).
C.S.F. Thomson Houston ontwikkelde daglichtschermen (doormiddel van analoge scan converter buizen) en EDD's waarop de ligplaatsen van de schepen werden aangegeven.

Waterweg.
In 1966 werd een opdracht van de Gemeente Rotterdam ontvangen om een plan uit te werken voor de vernieuwing van de bestaande radarketen.

AUTOMATISERING VAN DE POSITIE INFORMATIE EN IDENTIFICATIE VAN ZEESCHEPEN ; CONCENTRATIE EN HERDISTRIBUTIE VAN INFORMATIE.

De verwachte toename van het verkeer maakte het noodzakelijk een grotere informatie stroom te verwerken.
Bij onderzoek bleek, dat de routinematige positie informatie door de radarwaarnemer aan de loods/kapitein verstrekt, iets meer dan de helft van de totale tijd kostte. Dit leidde tot de conclusie dat dit gedeelte geautomatiseerd kon- en moest worden.
Door gebruik te maken van zogenaamde secundaire radar met behulp van transponders of antwoordbakens aan boord kon dit worden gerealiseerd. Geadresseerde ondervraging door het walstation leverde een eenduidige en nauwkeurige plaats van het baken van het ondervraagde schip op, waaruit gemakkelijk een betrouwbare snelheidsvector van het schip kon worden afgeleid.
Doormiddel van coordinaten transformatie met een computer konden zinvolle positie gegevens als een continue datastroom naar het schip worden geseind. Proeven die ongeveer een jaar duurden, bevestigden de bruikbaaarheid van deze methode. Met name de antenne van de walradar was vrij complex bij dit systeem :
Door amplitude vgl. van het bakensignaal doormiddel van drie verschillende stralingsdiagrammen, welke met de secundaire walradar ontvang-antenne konden worden gerealiseerd, kon haar hoofdbundel ($0,5^{o}$) in vijf richtingssectoren worden verdeeld, elk getypeerd door een digitale code, welke tezamen met de azimuth aanduiding van een optische hoekgever een op $0,1^{o}$ nauwkeurige richting van het baken verschafte.
Uiteraard konden alleen met draagbare transponders uitgeruste schepen, dus zeeschepen, aldus worden begeleid.
Trackverwisseling komt bij dit systeem niet voor!
De binnenvaart kon echter niet in de automatisering worden opgenomen.

AUTOMATISERING VAN DE POSITIE INFORMATIE VAN ZONODIG ALLE SCHEEPVAART.

Zoals in de voorgaande voordracht van Ir. Bleekrode is gebleken, is bovengenoemd standpunt gewijzigd en dienen thans alle schepen, zowel in het hoofdvaarwater als in de haventoegangen, in de automatisering te worden opgenomen. Dit houdt in, dat primaire radardoelen automatisch gevolgd moeten worden. Deze techniek was destijds nog niet ontwikkeld, maar is inmiddels ingevoerd in o.a. Vancouver en Tokyo Bay, maar daar is het vaarwater ruim en is de kans op trackverwisseling dus niet zo groot. Desondanks is na de invoering van het systeem in Vancouver ondermeer een ferry-boot op de rotsen gelopen. Tevens is onlangs daar nog een brug ontwricht door een aanvaring, hetgeen veel rumoer heeft veroorzaakt en aanleiding heeft gegeven de bouw van nieuwe radarstations te overwegen. Ook de baai van San Francisco (zie Figuur 7a en 7b op volgende pagina) waar men met veel pleziervaart te maken heeft -aan wie het gebruik van het grootscheepse vaarwater niet verboden kan worden- heeft een indruk welke problemen zich voordoen als alle scheepvaart in de videotrack zou moeten worden opgenomen, temeer daar hier frequent mist optreedt.

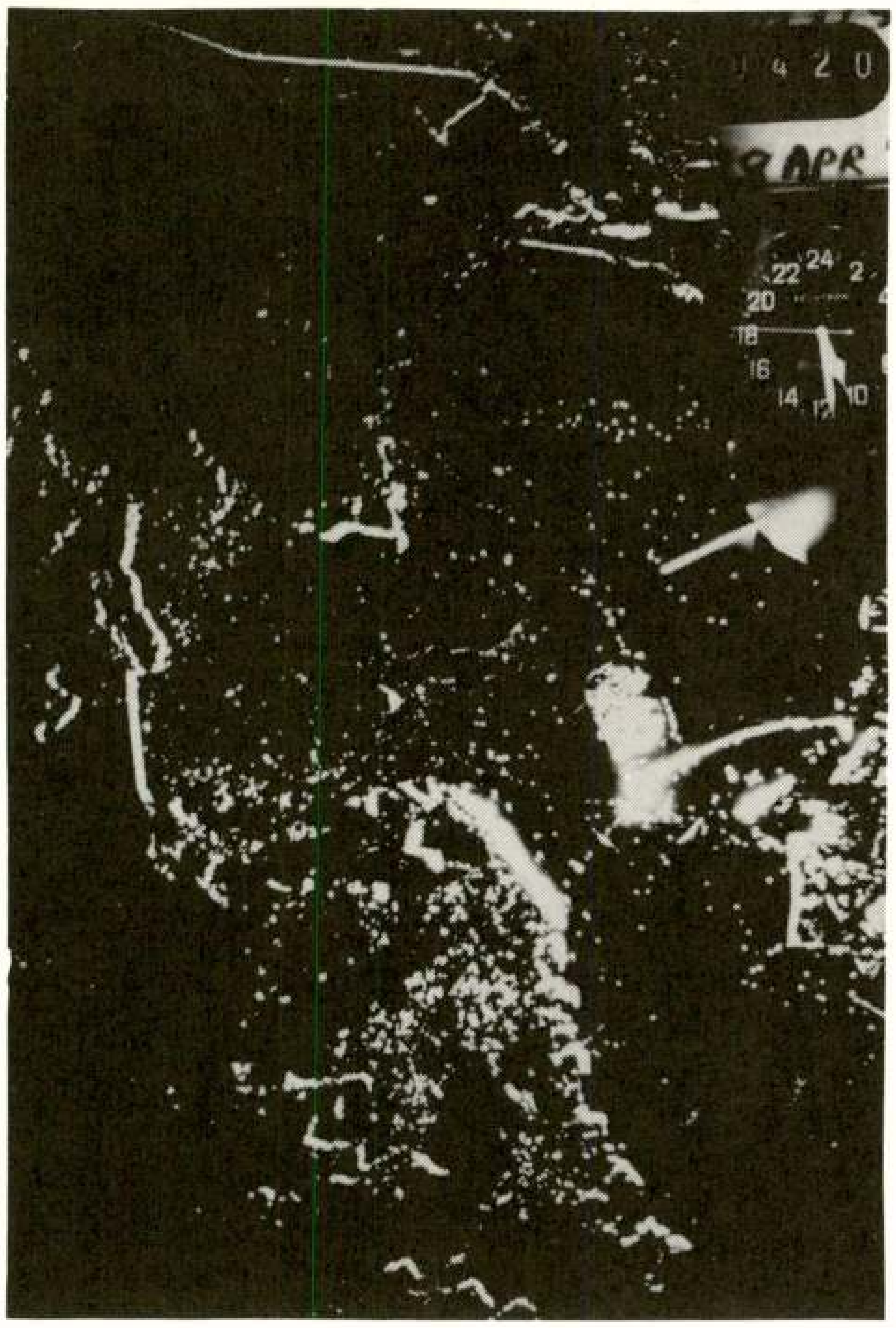
Na het voorgaande zal het duidelijk zijn, dat in het uitermate complexe en drukke vaarwater van de Rotterdamse Waterweg hoge eisen aan de automatisering gesteld zullen moeten worden.

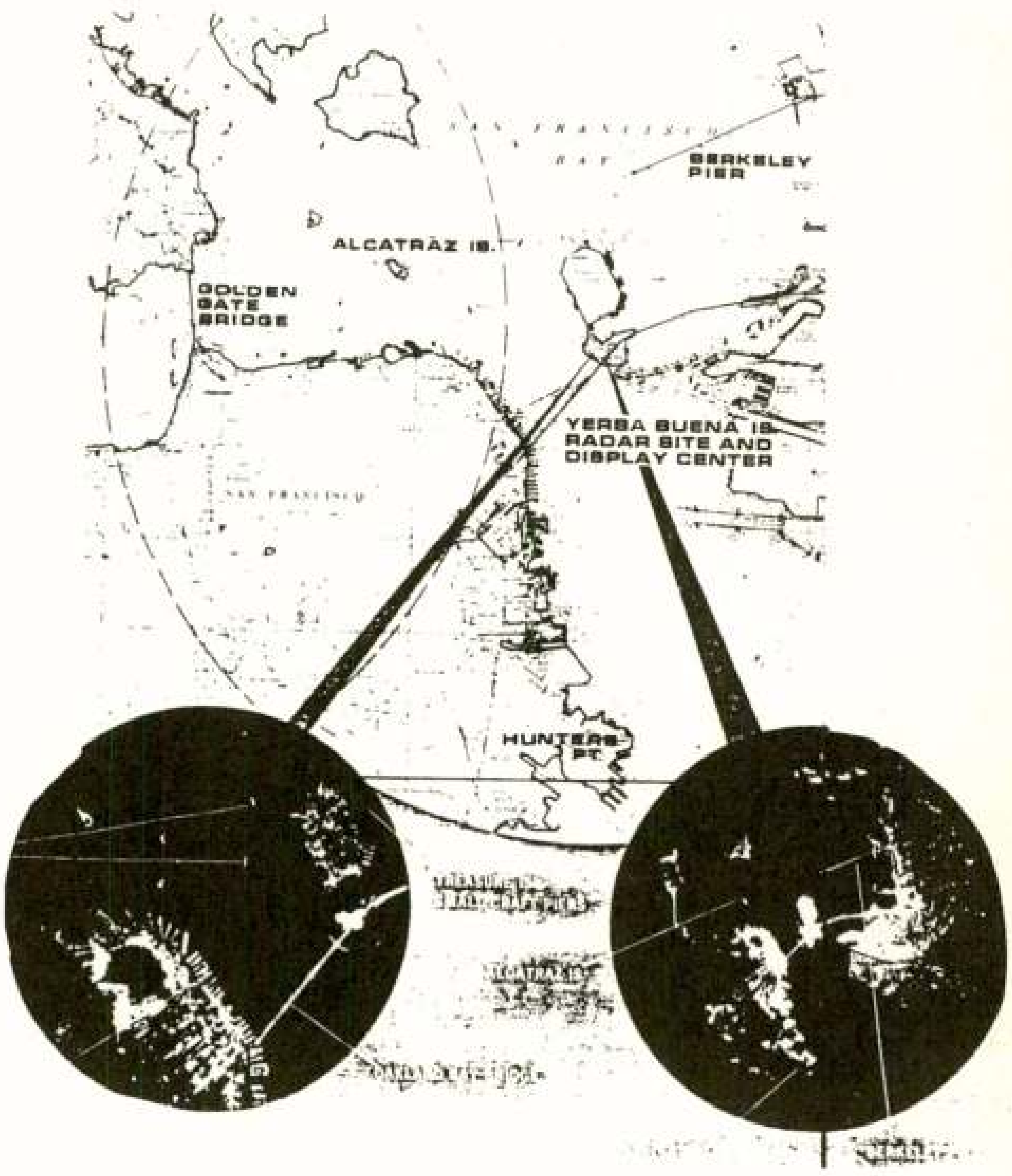
Vergunt U mij een visie te geven op enkele problemen die voor de nieuwe systemen moeten worden opgelost :

De behoefde aan zogenaamde positieve identificatie van de schepen teneinde alle kansen op verwarring uit te sluiten.

Voor het beloodsen van, met transponders uitgeruste, schepen is dit probleem zondermeer op te lossen en wel met continue identificatie. De transponder is een puntbron, hetgeen nauwkeurige metingen mogelijk maakt.
Daar slechts de zeescheepvaart hiermede uitgerust wordt, dient de binnenvaart zoveel mogelijk buiten het grootscheepse vaarwater te blijven.

Bij passief video tracken, kan de identificatie bij het aanlopen van de rede gebeuren met nauwkeurige V.H.F. richtingzoekers. De waarnemer dient de geidentificeerde echo van een label te voorzien en de associatie van beide voortdurend te bewaken, daar de identificatie niet continue plaatsvindt. Bij verwisseling of verdwijnen van de track moet opnieuw geidentificeerd worden. Het tracken gebeurt op basis van de contour van de radar-echo van het schip, een contour die zelden met de ware scheepscontour zal overeenstemmen en dus voor het tracking algorithme grotere moeilijkheden zal geven.





Figuur 7a. Baai van San Francisco.

Figuur 7b. Baai van San Francisco.

Het voorkomen van overbelasting van de waarnemer/ verkeersleider.

Hangt direct samen met :

a) concentratie waarmee radar-echo's gevolgd worden.
b) de duur en frequentie van berichtgeving over de situatie van de vaarweg.
c) de frequentie van overnemen en/of overgeven van verkeersaanbod naar naburige radarblokken of regio's.
d) de beoordeling van het toekomstige verkeersbeeld en de kans op calamiteiten.
e) actie te ondernemen n.a.v. zo'n calamiteit.

Bij het, met transponders uitgeruste, systeem zal de bemoeienis van de waarnemer met de gevolgde scheepsvaart gering kunnen zijn, zij het dat de binnenvaart extra aandacht zal vragen ondermeer voor overstekend verkeer. De waarnemer zal in hoofdzaak algemene situatie rapporten geven en tijd besteden aan de bewaking van toekomstige verkeersontwikkeling.

Bij passief video tracken, moet de waarnemer bovendien de associatie van radardoel en label steeds controleren en bij verwisseling of wegvallen van tracks opnieuw initieren. De gevonden scheepsposities worden op verzoek aan de schepen doorgegeven. Als aangenomen wordt, dat de informatieverwerkende computer een grotere capaciteit bezit dan de waarnemer zelf kan verwerken -en dat is toch de bedoeling van de automatisering- zal een onvoldoende betrouwbaarheid van de gevolgde scheeps tracks (zeg 90%) gemakkelijk aanleiding kunnen geven tot panieksituaties. Het staat nog geenzins vast dat een veel grotere betrouwbaarheid haalbaar is. Deze ervaring zal in de praktijk moeten worden verkregen.

Met op tracks gebaseerde (synthetische) luchtverkeersbegeleidingssystemen zijn in diverse landen teleurstellende ervaringen opgedaan (o.a. Schiphol). Naast de betrouwbaarheid kan ook de complexheid van de op te lossen verkeerspuzzles onverwachte problemen geven. De Nederlandse Spoorwegen hebben een experiment met een volledig door computers gestuurde treinregeling op Amsterdam C.S. na 2 jaar moeten opgeven. De schade bedraagt 10-20 miljoen (zie krantenbericht N.R.C. - 4 december 1979).

Uiteraard zullen uitvoerige proeven gedaan worden om de mogelijkheden en onmogelijkheden te toetsen.

Centralisatie van informatie en distributie over alle belanghebbenden.

Als de verwerking van de tracks en de opslag daarvan via de computer bevredigend is opgelost, wordt de informatieverwerking en distributie een technisch en management probleem, waarvan mag worden aangenomen dat het goed kan worden opgelost.

Simulatie technieken voor de predictie van de toekomstige situatie.

Deze zullen slechts bruikbaar zijn als de snelheidsvectoren van de schepen voldoende nauwkeurig zijn.
De tot dusver verkregen resultaten zijn hoopgevend.

WIE IS ER NU VERANTWOORDELIJK VOOR HET ONTWERP VAN EEN V.B.S. ?

Wij kunnen twee gevallen onderscheiden als wij althans het eenvoudigste geval waarbij noch de locatie noch de specificatie van de radar enig probleem oplevert, buiten beschouwing laten.

De Consultant (zie Figuur 8 op volgende pagina).

Zoals ik in het voorgaande heb gepoogd aan te tonen, is in het verleden de consultantsfunctie gekarakteriseerd door de aanwezigheid van deskundigheid, ervaring en de capaciteit om nieuwe technieken of verbeteringen te ontwikkelen. De consultant kan zo teleurstellingen voorkomen en zelfstandig ontwikkelingen starten, die in de industrie te moeizaam op gang komen of te duur worden.
In Figuur 8 worden een aantal activiteiten van Aannemer, Industrie, Principaal en Consultant aangegeven, in welk schema de consultant optreedt als adviseur van de principaal.

Multidisciplinaire aanpak.

Als de complexheid van de opgave en de breedte van het vakgebied de capaciteit van enige bestaande organisatie te boven gaat, kan een multidisciplinaire aanpak een oplossing zijn. Daar schuilt het gevaar in, dat geen enkele deelnemer een volledig inzicht in de gehele problematiek heeft.

Enerzijds kan een formalistische aanpak gemakkelijk communicatie misverstanden veroorzaken ; anderzijds dient ervoor gewaakt te worden, dat een strakke op modern management stoelende organisatie te weinig ruimte laat voor fantasie en creativiteit.

Voor de Rotterdamse Waterweg is op goede gronden ook voor de multidisciplinaire aanpak gekozen. Aan het Christiaan Huygenslaboratorium is, in overeenstemming hiermee, door het Projectbureau Walradar Waterweg een deeltaak opgedragen, te weten het bepalen van de locaties van de toekomstige radarstations. Uit een "droge survey" van 35 locaties werd een selectie van 22 locaties gemaakt als compromis tussen het in de hand houden van de kosten en de wens elk stations bij uitvallen door naburige stations te kunnen vervangen (back-up). Op 17 locaties zullen wij met een moderne radar met de volgende specificaties opstellingen realiseren.

ANTENNE.	"Sleufstraler Antenne" met een lengte van 4,30 meter.
Frequentie	8,8 - 9,3 GHz.
Horizontale bundelbreedte	$0,5^{\circ}$.
Verticale bundelbreedte	-12° ------ $+6^{\circ}$.
Bijbundels	-30 dB.
Antenne versterking	35 dB.

ZENDER.	
Afstembare frequentie	8,6 - 9,5 GHz.
Lijn type modulator.	
p.r.f.	4000 Hz.
Puls lengte	50 nanosec.
Piek vermogen	40 kW.
Duty cycle	0,2%.
Ext. p.r.f. trigger	4000 Hz.

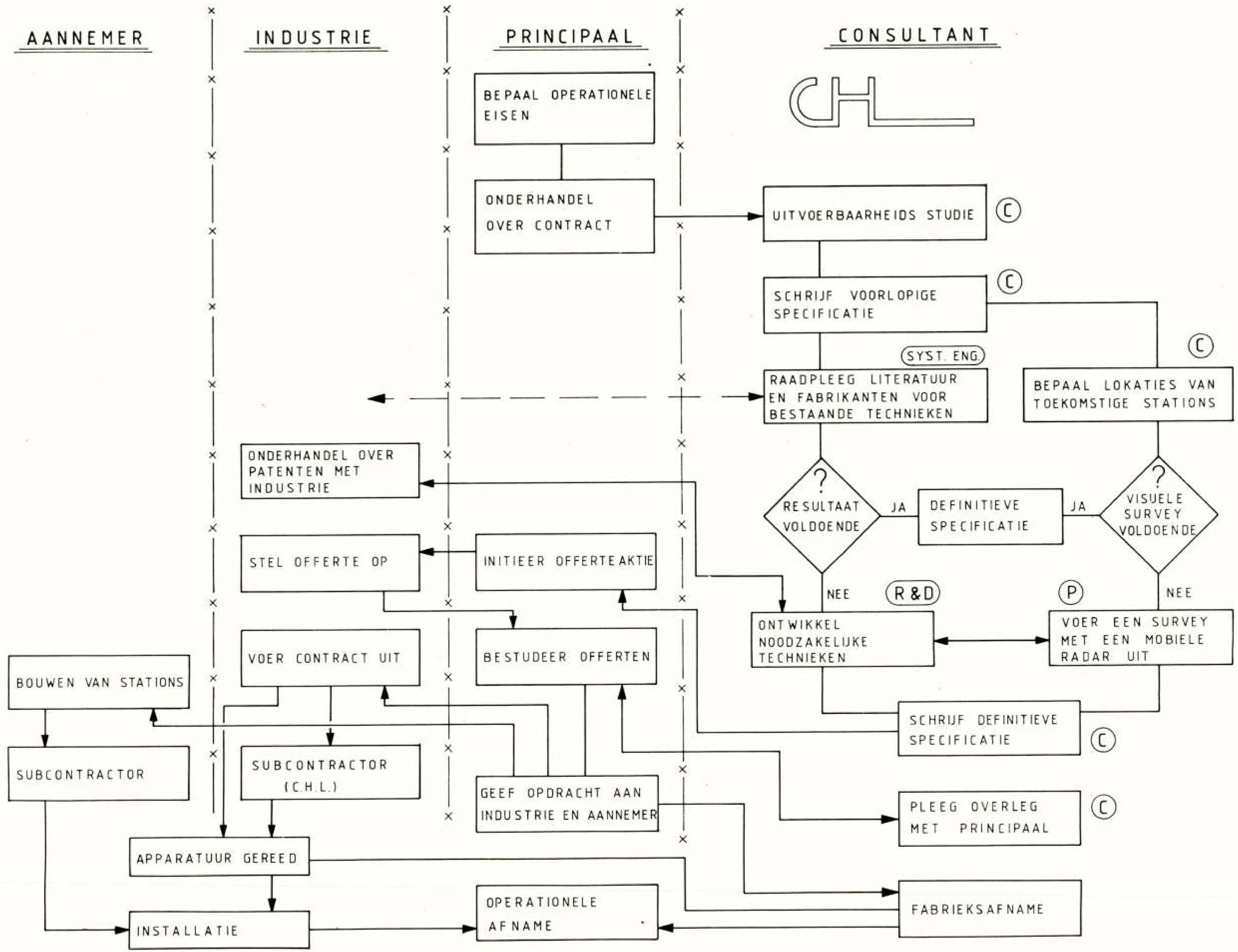
ONTVANGER.	
Ruisgetal	< 10 dB.
M.F.	120 MHz.
Kanalen	Logarithmisch en Lineair.
Automatische frequentie regeling.	
C.F.A.C. clutter onderdrukking.	
Mogelijkheid voor afstandbediening.	

DISPLAY.

Plan View Mixed Display, kan zowel ruwe video als synthetica afbeelden (lijnen, karakters, symbolen, video map).

DE VOORNAAMSTE KENMERKEN ZIJN :

- modulaire structuur, autonoom gedrag doormiddel van geintegreerde display processor.
- geen video verlies en hoge toelaatbare synthetica load t.g.v. video compressie technieken, vrij programmeerbare display processor voor groei en gemak van reconfiguratie.
- software beschikbaar.
- gemakkelijk op andere systemen aan te passen.
- display bediening doormiddel van toetsenbord en peillijn/afstandmerk controle wielen.
- decentrering.
- variabel afstandmerk.
- azimuth en afstand meting.
- lichtelijnen, video map.



FIGUUR 8. ACTIVITEITEN VAN AANNEMER, INDUSTRIE, PRINCIPAAL EN CONSULTANT

Bij deze opstellingen zullen de volgende kriteria getoetst worden :

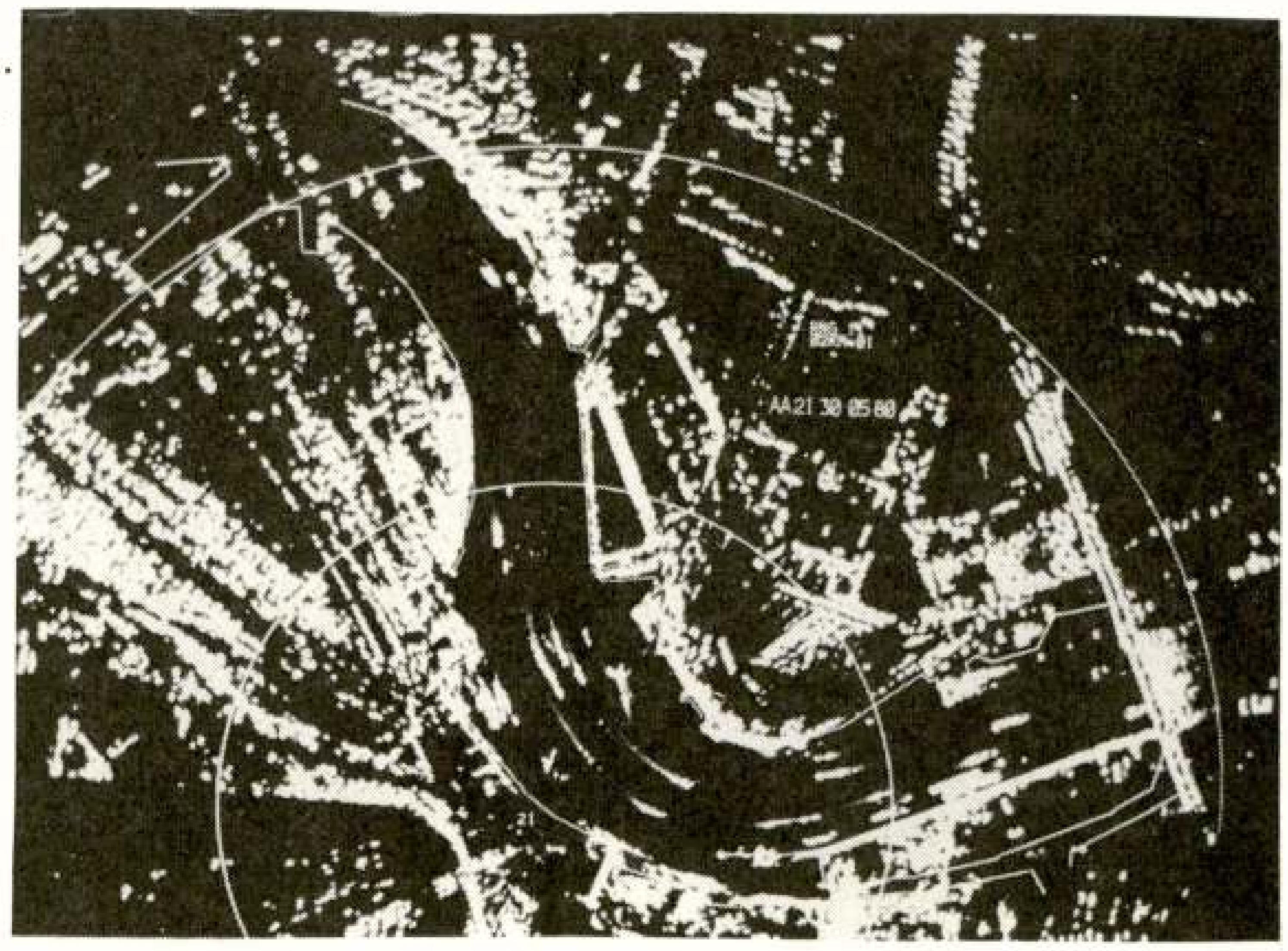
- De best mogelijke zichtbaarheid en resolutie van de scheepvaart over het gehele gebied.
- De minst mogelijke storing door valse echo's en schaduweffecten onder statische en dynamische omstandigheden.
- Evaluatie van het zogenaamde "back-up" kriterium.
- Het opstellen van de specificatie v.w.b. het vereiste oplossend vermogen van de toekomstige radar.
- Het verkeer zal gedurende 7 - 10 dagen nauwlettend op de radar gevolgd worden om onverwachte aberraties op te sporen.

Een en ander wordt met foto's, films en video recorder vastgelegd.

In figuur 9 wordt één der opstellingen (Maasboulevard) getoond, terwijl Figuur 10 het radarbeeld van station Steenplaat laat zien, met video map. Dat een locatieonderzoek gewenst is, moge ook blijken uit de radarfoto Figuur 11 (Brienenoord-oost) waar diverse valse echo's zichtbaar zijn, die vooraf niet geheel te voorzien waren. Concluderend komen wij tot de volgende vergelijking tussen vroeger en nu.



Figuur 9. Opstelling Maasboulevard.



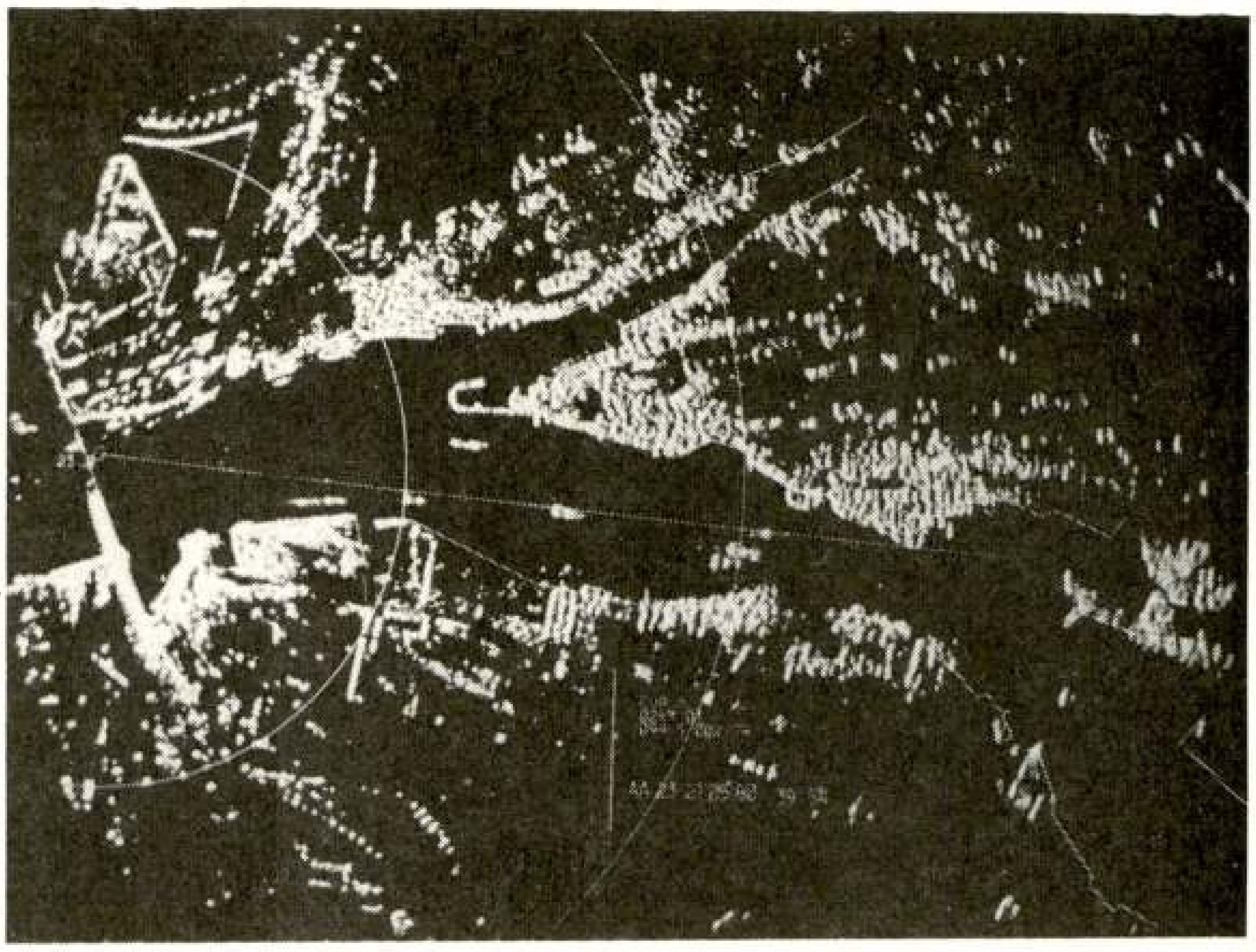
Figuur 10. Radarbeeld Station Steenplaat.

Vroeger.

1) Geringer omvang van het verkeer.
   Walradar hoofdzakelijk gebruikt bij mist.
   Assistentie is informatief, kapitein heeft de eindbeslissing.
2) Simpele ad hoc organisatie werkte bevredigend.
3) Expanderende technologie kan eisenpakket bevredigen.
   Ongevallen afgenomen : over periode 1959-1963 tot 0,28/1000 scheepsbewegingen in vergelijk met 1,11/1000 vóór walradar invoering.
   Besluitvorming bevredigend.
4) Nederland toonaangevend in technologie.
5) Concurrentie van buitenland gering.

Thans.

1) Sterk toegenomen omvang van het verkeer en grootte van de schepen. Grotere gevaren voor haven en omgeving.
2) Complexere organisatievorm gewenst door toename van het eisenpakket. (Service en regeling van toelating 24 uur per dag).
3) Werken in turbulente maatschappij met veel politieke en sociale onrust, waardoor besluitvorming wordt bemoeilijkt. Onduidelijkheid terzake van beslissingsbevoegdheid en verantwoordelijkheid.
   Ligt deze aan de wal of op het schip?
4) Concurrentie is aanzienlijk moeilijker. Velen zien hier een markt. Overheden uit industrielanden treden soms op als consultant voor ontwikkelingslanden.



Figuur 11. Radarbeeld Brienenoord-oost.

Inleiding Ir. M. Staal,
HOLLANDSE SIGNAALAPPARATEN B.V.

Mijne Heren, leden van het NERG,
Hartelijk welkom namens de Directie van Hollandse Signaalapparaten B.V., die erg verheugd is met Uw bezoek omdat het NERG en het K.I.v.I. door symposia en publicaties een schakel vormen tussen electronisch wetenschappelijk onderzoek in Nederland en het onderzoek bij instellingen en bedrijven.

Het thema van vandaag behandelt onderwerpen uit het gebied van luchtverkeersbegeleiding en geeft een indruk van de positie van de Nederlandse industrie op dit gebied.

Het eerste onderwerp gaat over Lorads, een air traffic control systeem voor Singapore. De heer F. van Haaff behandelt hierbij het gehele systeem.

Het tweede onderwerp gaat over video extractoren, waarbij de heer F.H. de Haan zowel de extractoren van de primaire radar als van de secundaire radar behandelt, alsmede de samenhang van beide en de correlatie van primaire en secundaire tracks.

Het derde onderwerp gaat over zogenaamde daglichtschermen, waarbij het mogelijk wordt radar-observaties te verrichten in een omgeving met een grote helderheid, zoals bijvoorbeeld in de verkeerstoren van een vlieghaven (Ir. J. Gietema). Toepassing van deze schermen in de verkeerstoren van Schiphol ten behoeve van het overzicht van het verkeer op de start- en landingsbanen wordt met een film verduidelijkt.

De eerste leverantie van Hollandse Signaalapparaten in 1959/1960 was het Satco-systeem voor Schiphol.

In dit systeem werd de taak van de verkeersleiders verlicht door vluchtbaanberekeningen te laten verrichten door rekenaars en de resultaten zichtbaar te maken op mechanische automatische totes.

Het Sarp-systeem, eveneens voor Schiphol, wordt thans geleidelijk in gebruik genomen en maakt gebruik van radargegevens van radars te Herwijnen en Schiphol en past tevens automatische radarextractie toe naast schermen waarop radargegevens en synthetische informatie worden weergegeven.

Enkele jaren geleden kreeg de Nederlandse industrie een opdracht uit Singapore. De nieuwe Changi luchthaven is in ieder opzicht zeer vooruitstrevend en is er op gericht om Singapore, naast een knooppunt voor scheepsverkeer, ook te maken tot een knooppunt voor luchtverkeer.

De diverse elementen van het Singapore air traffic control systeem zijn geïntegreerd door Hollandse Signaalapparaten, terwijl de meeste elementen ook zijn gefabriceerd door de Nederlandse industrie. De belangrijkste elementen van een air traffic control systeem zijn: communicatie-apparatuur, en-route 25 cm radar, terminal approach radar (10 cm), secundaire radars, rekenaars, beeldschermen, vliegveld bewakingsradar (2 cm) en systeem software.

De meest recente opdracht is gegeven door Engeland op 30 april 1980 en werd ontvangen op het moment van de inhuldiging van Koningin Beatrix.

Deze opdracht omvat een aantal grote 25 cm radars met extractoren, terwijl ook de integratie van de primaire en secundaire radars, van de antennes en van het

monitor systeem aan Signaal is opgedragen.

In 1975 verzocht de Raad van Bestuur van Philips de Directie van Signaal na te gaan in hoeverre er kon worden geholpen om problemen op te lossen betreffende de werkgelegenheid in de computer industrie te Apeldoorn. Mede door de steun van Economische Zaken heeft dit geresulteerd in de oprichting van Signaal-Apeldoorn, waar de lucht- en scheepsverkeersbegeleidingsactiviteiten thans zijn gebundeld.

De positie van de Nederlandse industrie ten opzichte van de internationale concurrentie is in technisch opzicht relatief sterk te noemen. Enkele sterke punten zijn: een unieke en-route radar met een T.W.T.-eindversterker, gecombineerde primaire en secundaire radar extractor en trackprocessor, nauwkeurige en snelle beeldschermen (monochrome en kleuren), vliegveldbewakingsradar, systeemkennis, ook op software gebied.

De keuze van de Engelse luchtvaartautoriteiten berust op technische merites van de Signaal radar. Het automatisch volgen van vliegtuigen, ook als er erg veel storing is, zoals veel flying angels (vogels en thermiekbellen), tropische regenfronten, land- en zeeclutter, en zelfs als kruisende vliegtuigbanen haast parallel lopen, is erg goed.

De kennis van de Nederlandse industrie is afkomstig uit 3 bronnen. In de eerste plaats heeft de jarenlange samenwerking met de Rijks Luchtvaart Dienst (R.L.D.) Signaal in staat gesteld veel systeem kennis op te doen. In de tweede plaats komt erg veel kennis uit militaire projecten en in de derde plaats voert Signaal met eigen middelen veel onderzoek uit op air traffic control gebied.

Tegenover de technische kwaliteit van de Nederlandse apparatuur staan financiële faciliteiten, die door andere landen worden verleend, zoals soft-loans en gratis ontwerpen, zoals bijvoorbeeld verricht door "Aeroport de Paris".

Dit maakt de internationale concurrentiepositie voor Signaal moeilijk.
Het is derhalve noodzakelijk, ook in de toekomst, technisch voorop te blijven lopen.

Voordracht gehouden op 8 mei 1980 bij de Hollandse signaalapparaten B.V. te Hengelo tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 288), de Benelux sectie IEEE en de sectie voor Telecommunicatietechniek KIvI.

THE RISE AND THE FALL OF THE CROSS BAR SYSTEM

Het zal niet vaak voorkomen dat een pionier op een technisch vakgebied nog op 79-jarige leeftijd voor buitenlandse collega's een overzichtslezing komt houden. Dit gebeurde wel op 11 september j.l. toen Dr. Christian Jacobaeus (die zijn carrière maakte binnen de Zweedse Ericsson Company) een boeiende voordracht hield over de ontwikkelingen, die hij meemaakte en stuurde in de telefoonindustrie. Niet voor niets sprak hij over een 'Industry in Transition', want veel kwam en ging er voorbij in de tijdsspanne van één mensenleven. Kort en krachtig schetste Dr. Jacobaeus de historie van de telecommunicatie in de laatste 150 jaar. Van de Morse-telegraaf (1844), de eerste telefoon van Bell (1876), de Strowger-kiezers (1889) via de eerste satellieten (1961) tot de huidige optische vezeltransmissie, op welk gebied Kao fundamenteel werk deed (1966) gevolgd door ontwikkelingen waarvan het eind nog lang niet in zicht is.



Het werk van Dr. Jacobaeus zèlf betreft vooral de ontwikkeling van de elektromechanische kruisschakelaars en de toepassing daarvan in telefoonsystemen. Het bleken voorlopig de laatste elektromechanische componenten te zijn, die werden achterhaald door de komst van de elektronische centrales. Deze werden op hun beurt pas mogelijk in het tijdperk van de halfgeleiders en de microminiaturisatie. Was in 1970 een 1-k RAM nog iets bijzonders, vijf jaar later was 256-k RAM al weer normaal. In zijn boeiende voordracht stond de spreker ook stil bij een aantal niet-technische problemen waarmee hij in zijn latere direktiefunktie werd geconfronteerd, zoals: Het tekort aan software-mensen voor de ontwikkeling, het afvloeien en omscholen van handarbeiders, wier aantal vergeleken met dat van de 'witte boorden' toch wel danig is geslonken.

Het gehoor bespaarde Dr. Jacobaeus ook netelige vragen niet, zoals: Is er in Uw land ook een mogelijkheid voor andere telefoonfirma's dan Ericsson? Waarom gebruikt men in dat bedrijf bij voorkeur Amerikaanse halfgeleiders en geen Europese? Maar zestig geïnteresseerden kunnen meer vragen dan één gepensioneerde pionier beantwoorden kan. Ook de economische achtergronden kwamen uitgebreid ter sprake. Uitgaand van kosten per lijn (ong. ƒ 4000,-), kwamen ook de gigantische investeringen op het gebied van de telefonie uit de verf. De abonneekosten raamde hij op 18% van het totaal, terwijl 30% gaat zitten in lus- en 24% in schakelapparatuur. De transmissie en de gebouwen vergen resp. 15% en 13%. Onder de belangstellende aanwezigen was ook de Delftse telefonie-pionier van het eerste uur, Prof.Dr.Ir. W.Th. Bähler (still going strong). Boeiend dit alles mee te kunnen maken in één ingenieursloopbaan. Lang is immers de kunst, maar kort ons leven.

W.H.

UIT HET NERG

Benoeming ereleden

Op de algemene ledenvergadering van 14 april 1980 werden op voorstel van het bestuur drie leden tot erelid benoemd. De hierna volgende overwegingen, leidden het bestuur tot het voorstel.

Ir. F. de Jager heeft veel bijgedragen aan de ontwikkelingen op het gebied van de communicatietheorie. Voor het genootschap heeft hij zich op velerlei wijze verdienstelijk gemaakt.

Prof.dr.ir. Davidse heeft veel gedaan voor de ontwikkelingen op het gebied van de elektronica, in welk vakgebied hij vele studenten heeft ingewijd. Als bestuurder en als actief lid heeft hij het genootschap vele goede diensten bewezen.

Prof.dr. F.L. Stumpers heeft grote verdiensten verworven op het terrein van de radiowetenschappen. Als voorzitter van het Nationaal URSI Comité en als medeorganisator van vele internationale conferenties heeft hij gefungeerd als een drijvende kracht achter vele ontwikkelingen in dit vakgebied.

VAN HET BESTUUR.

In het afgelopen jaar is binnen het bestuur van het N.E.R.G. het plan opgekomen om te komen tot zogenaamde regionale bijeenkomsten.

Deze regionale bijeenkomsten zouden zich van de gangbare werkvergaderingen op een aantal punten moeten onderscheiden (daarom is ook het woord "bijeenkomst" gekozen).

a. Ze zullen vooral bezocht worden door NERG-leden (met introducé(e)s) afkomstig uit een bepaald deel van het land. Hoewel het NERG alleen de verantwoordelijkheid draagt voor de organisatie zullen (bij voldoende plaatsruimte) andere belangstellenden welkom zijn (bv. leden van zusterverenigingen, potentiële nieuwe NERG-leden etc.).

b. Uitgangspunt voor het beleid is verder dat de regionale bijeenkomsten doorgaans slechts enkele uren zouden duren (bv. een middag of een avond). Voorlopig gaat het om een proef met een nieuwe wijze van professioneel vergaderen.

c. Bij het kiezen van de thema's voor deze bijeenkomsten moet men uitgaan van een veel eenvoudiger opzet dan bij de organisatie van een werkvergadering.

d. Bij de organisatie van de bijeenkomst moet er een duidelijke doelstelling zijn, bv. NERG-leden regionaal bijeenbrengen voor een feestelijk of leerzaam treffen, bekendheid geven aan het NERG als zodanig e.d.

Als mogelijke plaatsen waar een dergelijke bijeenkomst gehouden zou kunnen worden denkt het bestuur voorlopig aan de plaatsen

Amsterdam
Rotterdam
Den Haag
Hilversum
Eindhoven
Enschede
Groningen.

Teneinde na te gaan of het bovenstaande initiatief levensvatbaar is heeft het bestuur besloten in een of meer van de bovengenoemde plaatsen zo'n bijeenkomst te organiseren. Wanneer deze bijeenkomsten slagen is er voor het bestuur voldoende reden om op de ingeslagen weg verder te gaan.

Hoewel het bestuur bij de eerste bijeenkomsten een zekere mate van ondersteuning wil bieden is de leidende gedachte dat deze bijeenkomsten door NERG-leden ter plaatse dienen te worden georganiseerd. Het bestuur doet daarom hierbij een beroep op de leden om zich voor deze taak ter beschikking te stellen.

Wellicht ten overvloede zij hier vermeld dat artikel 24 van de statuten de mogelijkheid biedt regionale bijeenkomsten te organiseren.

REGIONALE BIJEENKOMST

In het kader van het 60-jarig bestaan van het NERG wordt er op zaterdag 8 november 1980 een regionale bijeenkomst gehouden in het Academisch Ziekenhuis "Dijkzigt" te Rotterdam. Deze bijeenkomst is gewijd aan de rol van de elektronica in de radiologie en de maatschappelijke betekenis daarvan. Op 8 november 1895 werd in



85 JAAR RÖNTGEN-STRALING (1895-1980)

60 JAAR ELEKTRONICA (1920-1980)

Würzburg de röntgenstraling ontdekt. Door de verdieping van de kennis van de stralenfysica, de ontwikkelingen op het gebied van de fotografie, de hoogspanningstechniek en de elektronica werd in de medische radiologie het bijna ondenkbare mogelijk. In deze bijeenkomst, die wordt georganiseerd in samenwerking met de afdeling radiodiagnostiek van de Medische Faculteit van de Erasmus Universiteit te Rotterdam, zal niet slechts aandacht worden geschonken aan de historie, maar vooral aan recente ontwikkelingen, zoals: de computer-tomografie en de beeldvorming met behulp van de magnetische kernspinresonantie. Het programma wordt voorbereid door Ir. G.J.A. Arink, Ir. F. v.d. Meer, Dr. W. Herstel en Prof. K. Hoornstra. Deze feestelijke bijeenkomst begint om

10.00 uur en eindigt omstreeks 12.30 uur. NERG-leden ontvangen nog een nadere aankondiging. Familieleden en andere introducees zijn hartelijk welkom.

Publicatie van de 288ste vergadering

Van de op de 288ste vergadering behandelde onderwerpen, waarnaar door Ir. Staal wordt verwezen werden ons twee artikelen, welke elders reeds zijn gepubliceerd, ter overname aangeboden.

Plaatsgebrek noopt de redactiecommissie van publicatie af te zien. Men kan deze artikelen vinden in Philips Telecommunicatie Review:

Radar display development, door J. Giekema, Vol. 37, Nr. 2, pag 53-63

Air Traffic control system for Singapore, door E.C. Priebee

Vol. 38, Nr. 2, pag. 41-60

Publicaties van de 286 ste vergadering

Van de in de 286 ste vergadering behandelde onderwerpen werden ons naast de drie nu verschenen artikelen nog een tweetal artikelen ter overname uit andere publicaties aangeboden. Wegens plaatsgebrek wordt hier volstaan met de verwijzing naar deze artikelen.

A monolythic 14 bit D/A convertor, door R.J.v.d.Plassche en D. Goedhart.

Esscirc 78, 4th European solid State circuits conference september 1978 Amsterdam, pag. 110-112

The error control system of Philips compact disc, door L.B. Vries presented at 64 concention of Audio engineering society; 1979 New York City.

De conferentieaankondigingen

Reeds enige tijd vindt U op de binnenkant van het schutblad conferentie aankondigingen. Aanvankelijk stond er "conferentie agenda" boven, maar daar elke conferentie door ons hoogstens tweemaal wordt vermeld leek ons de naam "conferentie aankondigingen" juister.

Er komen nogal wat verzoeken tot publikatie van gegevens van conferenties bij ons binnen. Deze worden door ons opgenomen in de lijst als het NERG de conferentie op enigerlei wijze steunt.

Ook gegevens van conferenties welke niet worden gesteund door het NERG nemen wij op, wanneer wij menen dat er interesse kan zijn bij de leden.

Wij publiceren meestal uitsluitend: naam, plaats, datum en een contactadres. Indien bekend wordt ook een sluitingsdatum van de Call for papers vermeld. Voor alle verdere informatie kan naar dit contactadres worden geschreven of getelefoneerd.

Wij publiceren niet van alle conferenties de gegevens: de lijst is dus zeker niet volledig. Wij probeerden Eurel een wat vollediger lijst voor ons te laten maken; het NERG bestuur richtte hiertoe op ons verzoek een brief aan het bestuur van Eurel. Tot op heden kunnen wij echter (nog) niet over zulk een vollediger lijst beschikken.

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

J.J.J. de Bont, Ploeglaan 24, Eemnes
Ir. C.D. de Haan, A. van Solmsstraat 110, 's-Gravenhage
J.C. Leguijt, Lijzij 49, Huizen
L. van der Meer, Patrijslaan 11, Nederhorst den Berg
Drs.ir. G. Slagmolen, J.C. van Markenplein 2, Delft
Ing. J. Ter Horst, Mikkenkamp 1, Haren (Gn.)
Ir. L.A.M. de Vaan, Luchtenburgstraat 12, Deil
L.J.M. Wijdemans, Gen. Linckerslaan 22, Eindhoven

Nieuwe leden

R. van Aken, Schoonbronstraat 6, Schin op Geul
J.C. Bakker, v.d. Woestijneheem 9, Hillegom
Prof.dr.ir. H. Blok, Antoon Coolenlaan 7, Delft
Ir. W. Boterman, Rietgansstraat 77, Ermelo
Ir. J.Ph. Diefenbach, Prattenburg 11, Dordrecht
Ir. B. Doorenbos, A. van Solmsstraat 138A, 's-Gravenhage
Ir. H.G. ten Hoopen, Wikkehof 7, Nuenen
Ir. P.A.G.M. Huijsmans, Gedempte Gracht 573, 's-Gravenhage
Ir. P.J. van Kats, van den Boschstraat 8, Utrecht
Ir. A.V.P. van der Linden, Leuvensestraat 47, 's-Gravenhage
Ir. A.J. Maijers, Albrechtsveld 95, Gouda
Ir. N. Peters, Kanaalweg 24, Delft
Ir. A. Schouten, Nachtegaallaan 80, Maassluis
Ir. H.C. van der Sluis, Lijsterbeslaan 16, Pijnacker
Ir. H.P.J.M. de Wert, van Galenstraat 37, Breugel

Nieuwe adressen van leden

Ir. R.C. Barendregt, Soesterbergsestraat 55, Soest
Ir. T.C.J. van Bemmel, Henri Dunantstraat 25, Krommenie
H.A.P. Blom, M. Freeke Wije 29, Nieuwkoop
Ir. C.A.M. Boon, v.d. Horststraat 19 zwart, Maassluis
Ir. A.G. van Doorn, Larochetteweg 2, Eindhoven
Ir. T.W.H. Fockens, Reuvenkamp 20, Eibergen
Ir. E. Goldstern, Bachlaan 34, Hilversum
Ir. C.N.F. Hansen, Waterhoen 16, Blaricum
Ir. L.J. Hartog, Fred. van Eedenplein 3 bus 35, Antwerpen, België
Ir. P.B. Hesdahl, Hoofdweg 39, Blaricum
J. Lennings, Valkenburglaan 35/D119, Oosterbeek
J.J. Nathan Cohen, Vanekerstraat 279, Enschede
Ir. D.J.W. Noorlag, Jan Campertlaan 49, Delft
Ir. J. Rodrigues de Miranda, Busken Huetstraat 37, Eindhoven
Ir. H.J. Sanderson, 9501 Gulf Park Drive, Knoxville, Tennessee, U.S.A.











NEDERLANDS ELECTRONICA EN RADIO GENOOTSCHAP
(290ste werkvergadering)
SECTIE VOOR TELECOMMUNICATIETECHNIEK, K.I.v.I.
BENELUX SECTIE IEEE

UITNODIGING voor de vergadering op donderdag 5 juni 1980, bij Philips' Telecommunicatie Industrie B.V. te Huizen N.H.

ONDERWERP: SATELIET COMMUNICATIE

PROGRAMMA:

09.45 uur : Ontvangst en koffie

10.00 uur : Ir. W.D. Meewezen, Directie PTI.
Welkomstwoord en Inleiding"

10.15 uur : Ing. J.C. Leguyt en Ir.L.J.W.van Loon
"Systeembeschouwing Landelijke Satelliet Communicatie"

11.00 uur : Ir. J. Oudelaar Foto 4
"Modulatie methoden voor Single Channel per Carrier (SCPC) grondstations."

11.45 uur : Einde ochtenvergadering.

12.00 uur : Koffiemaaltijd, aangeboden door de Directie PTI.

13.30 uur : Ir. I.B.J. Rots Foto 5
"Demand Assigned Multiple Access (DAMA), een methode ter verbetering van de efficiency van beschikbare satelliet-kanalen."

14.15 uur : Bezichtiging grondapparatuur.

15.15 uur : Sluiting.

Het programma bestrijkt de technische achtergronden van een modern landelijk satelliet communicatiesysteem zoals dit binnenkort in Peru zal worden geïnstalleerd.

Bovengenoemde inleiders zijn allen werkzaam bij Philips' Telecommunicatie Industrie B.V.; er zal gelegenheid zijn voor discussie.

Degenen, die per trein reizen, kunnen gebruik maken van een gereserveerde bus, geparkeerd bij de oostelijke uitgang van het station Hilversum, welke om 9.20 uur vertrekt.
Na afloop van de bijeenkomst zullen de deelnemers weer worden teruggebracht met een bus, welke om 15.30 uur van het fabriekscomplex in Huizen vertrekt.

Automobilisten wordt aangeraden om tussen Bussum en Laren N.H. Rijksweg 1 bij de afslag Crailoo te verlaten en de aanduiding Huizen te volgen, alwaar men bij de Haven het fabriekscomplex met parkeerterrein vindt.

Het aantal deelnemers moet om organisatorische redenen tot ca. 100 worden beperkt. Men dient zich daarom aan te melden onder gebruikmaking van aangehechte kaart, te frankeren met 45 cent, welke op vrijdag 30 mei a.s. in ons bezit moet zijn.

Voorts wordt aan hen, die zich opgaven maar achteraf niet kunnen komen, dringend verzocht dit telefonisch te melden aan de afdeling Publiciteit van PTI te Hilversum: 035 - 89.27.80.

Laren N.H., april 1980

Namens de samenwerkende verenigingen,
Ir. W. Lulofs

Conferentie aankondigingen

Symposium Vast Stof Sensoren. 16 december 1980 T.H.Delft. Afdeling Elektrotechniek, secretariaat C. Beekhuizen, THD, postbus 5031; 2600GA Delft, tel. 015-781736. Beeldsensoren, avelanche fotodiode, flowsensor, glasfibersensoren, koortsthermometer, thermistors, H-velddetector, magnotoweerstand sensor, squids, vochtsensor, ISFET, zuurstofdetektor.

Studiedag Bedrijfszekerheid in de microelektronica, 11 december 1980, TH Delft Afdeling Elektrotechniek, secretariaat als hierboven is vermeld. Samenvatting bedrijfszekerheidstheorie, "Klachtenboek van de IC-elektronica", corrosie, ionenmigratie, packaging, fysische analysetechnieken, stresstesten, macroscopische test en meettechnieken.

Compumag. Chicago 14-17 september 1981, secretary: R.P. Smith, Building 362. Argome National Laboratory 9600 South Cass Avenue; Argonne, Illinois 60439 USA

Intermag. Grenoble France 12-15 mei 1981, secretary Dr. J. Plazzari, Research Center General Manager; CII Honeywell Bull; Rue Jean Jaurés; 78340 Les Clayes Sous Bois, France.

68th Convention of the Audio engineering society Hamburg 17-20 maart 1981; Secretariaat Miss T.K.S.Bakker 40 Polygram B.V.; P.O. Box 23; 3740 AA Baarn - Nederland

Thyristor and Variable Static Equipment for AC and DC Transmission. London 30 november - 3 December 1981. Secretary IEE Conference Department, Savoy Place, London, WC2R OBL

Telecommunication Transmission, London 17-20 maart 1981 secretariaat IEE Conference, Department, Savoy Place, London WC2R OBL

International Meeting on Data Processing for High Voltage Power Systems (Measurement and Automatic Control) Luik 15-17 juni 1981 Secretariaat A.I.M., Union Professionelle Reconnue; Rue St.Gilles 31 - Liège

Eurodisplay 1981. Hilton Hotel München 16-18 september 1981; secretariaat: VDE, Stresemannallee 21 D-6000 Frankfurt am Main 70. Call for papers deadline 1 February 1981.

Raylways in the electronic age. London 17-20 November 1981 Secretary: IEE Conference Department, Savoy Place London WC2R OBL

11th European Microwave Conference, Amsterdam 7-11 óf 14-18 september 1981 Secretariaat IEE Conference Department, Savoy Place, London WC2R OBL

7th European Conference on Optical Communication. 8-11 september 1981, Bella Center, Copenhagen Denemarken. Call for papers 31 maart 1981; Secretariaat: Secretary of 7th ECOC, M. Danielsen, Electromagnetics Institute, Technical University of Denmark, DK-2800 Lyngby Denmark.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 45 - nr. 4 - 1980

druk: Het Zuiden Eindhoven